



République Algérienne Démocratique et populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Larbi Tébessi-Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département : Des êtres vivants

**MEMOIRE DE MASTER**

DOMAINE : Science de la nature et de la vie (SNV)  
Filière : Ecophysiologie Végétale

Thème :

**Inventaire floristique du barrage de Safsaf El Ouesra  
région de Tébessa**

Présenté par :

**Mohamed Kenaza**

**Dhia Eddine Gabbabi**

Devant le jury

<b>Boudjabi Sonia</b>	<b>MCA</b>	<b>Université de Tébessa</b>	<b>Présidente</b>
<b>Hioun Soraya</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Tébessa</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Macheroume Amel</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Tébessa</b>	<b>Examinatrice</b>

**Date de soutenance**

17/06/2021

## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout, on doit remercier **ALLAH** qui nous a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.*

*Nos remerciements vont aux membres du jury :*

*Mme **Boudjabi S**, enseignante à l'université de Tébessa d'avoir accepté d'honorer cette soutenance comme présidente.*

*On est très reconnaissant et on exprime nos remerciements à Mme **Macheroume A**, enseignante à l'université de Tébessa pour avoir accepté d'examiner ce travail*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mme **Hioun S**, pour avoir accepté de diriger notre travail, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lesquelles ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port.*

*On ne pourrait oublier l'aide au laboratoire de notre enseignante Mme **Ghedhabnia K**, qu'elle accepte notre profonde gratitude.*

*Nos remerciements à Mme **Mebarkia N**, pour son aide considérable.*

*Nos remerciements au Responsable du laboratoire de biologie des êtres vivants à l'Université de Tébessa, pour son aide et surtout sa gentillesse.*

*A tous, Merci.*

## Résumé

Les zones semi-aride et aride souffrent d'un déficit hydrique qui se répercute sur l'ensemble des éléments biotiques et la présence de retenues d'eau et de barrages permet dans certains cas d'améliorer le biotope. Notre objectif de travail est de voir si le barrage de Safsaf El Ouesra dans la zone sud de Tébessa (climat aride) a un impact positif sur la végétation naturelle de la région. Des analyses pédologiques et un inventaire floristique ont été effectués sur les quatre côtés de la retenue d'eau à différentes distances. Les résultats obtenus et observations n'ont pas montrés d'amélioration dans le pourcentage de recouvrement végétal ni dans la présence d'espèces autres que le cortège floristique de l'alfa et d'autres espèces xérophiiles. Il est à noter que la présence d'eau a amélioré la biomasse des plantes se trouvant à proximité du barrage. Vu le manque de pluviométrie cette année et le déficit cumulé des années précédentes et à une forte évaporation un abaissement du niveau d'eau du barrage est constaté

**Mots clés** : Barrage, Safsaf El Ouesra (Tébessa), végétation, adaptation, aride.

## **Abstract**

The semi-arid and arid zones suffer from a water deficit which affects all the biotic elements and the presence of water areas and dams allows in some cases to improve the biotope. Our work objective is to see if the Safsaf El Ouesra dam in the southern zone of Tébessa (arid climate) has a positive impact on the natural vegetation of the region. Soil analyses and a floristic inventory were carried out on the four sides of the dam at different distances. The results obtained and observations did not show any improvement in the percentage of plant cover or in the presence of species other than the floral procession of the alfa and other xerophilic species. It should be noted that the presence of water improved the biomass of plants located near the dam. Given the lack of rainfall this year and the cumulative deficit of previous years and a strong evaporation a lowering of the water level of the dam is observed.

**Key words:** Dam, Safsaf El Ouesra (Tébessa), vegetation, adaptation, arid.

## المخلص

ت تعاني المناطق الجافة وشبه الجافة من عجز مائي يؤثر على جميع العناصر الحيوية ووجود خزانات مائية وسدود يسمح في بعض الحالات بتحسين البيئة الحيوية. هدفنا من هذه الدراسة هو معرفة ما إذا كان سد صفصاف الوسرة في المنطقة الجنوبية من تبسة (المناخ الجاف) له تأثير إيجابي على الغطاء النباتي الطبيعي للمنطقة. أجريت فحوصات للتربة و كذلك جرد نباتي على الجوانب الأربعة للسد على مسافات مختلفة. النتائج التي تم الحصول عليها والملاحظات لم تظهر أي تحسن في النسبة المئوية للغطاء النباتي أو في وجود أنواع أخرى غير الموكب الزهري لنبات الحلف والأنواع الأخرى من النباتات المتأقلمة للجفاف. وتجدر الإشارة إلى أن وجود المياه أدى إلى تحسين الكتلة الحيوية للنباتات الواقعة بالقرب من السد. بالنظر إلى قلة هطول الأمطار هذا العام والعجز التراكمي في السنوات السابقة والتبخر القوي ، لوحظ انخفاض في مستوى المياه السد.

**الكلمات المفتاحية:** سد, صفصاف الوسرى (تبسة), الغطاء النباتي, التكيف, الجافة.

Remerciements .....	i
Résumé.....	ii
Abstract .....	iii
الملخص.....	iv
Table des matières.....	v
Index des tableaux .....	vi
Index des figures.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
<b>Introduction Générale .....</b>	<b>1</b>

### **Chapitre I : Partie bibliographique**

1. Définition du barrage.....	2
2. Importance des Barrages.....	2
3. Les barrages en Algérie.....	3
3.1. La période coloniale.....	3
3.2. La période entre 1980-1999.....	3
3.3. A partir de 2000.....	4
4. Les Barrages à Tébessa.....	4
5. Effets des barrages sur le climat.....	4
6. Effets des barrages sur les sols.....	6
7. Effets des barrages sur la végétation.....	7
8. Effets des la végétation sur les barrages.....	8

### **Chapitre II : Matériel et méthodes**

1. Description de la zone d'étude.....	9
1.1. Situation géographique.....	9
1.2. Délimitation du barrage.....	10
1.3. Climat.....	11
2. Analyses pédologiques.....	12
2.1. Humidité hygroscopique.....	12
2.2. Analyse granulométrie par sédimentation.....	13
2.3. Ph.....	13
2.4. Mesure de la salinité.....	13
2.5. Dosage du calcaire total.....	14
2.6. Dosage du calcaire actif.....	14
2.7. Dosage du carbone.....	15
3. Partie floristiques.....	16
3.1. Méthode d'échantillonnage de la végétation.....	16
3.2. Relevés floristiques.....	16
3.2.1. Estimation du taux de recouvrement.....	16
3.2.2. Diversité taxonomique.....	16
3.2.3. Types biologiques.....	16

3.2.4. Adaptation écologique.....	17
4. Analyse statistique.....	17

### **Chapitre III : Résultats**

1. Paramètres pédologiques.....	18
1.1. Texture du sol.....	18
1.2. Ph.....	19
1.3. Conductivité électrique.....	19
1.4. Humidité hygroskopique.....	19
1.5. carbone organique.....	21
1.6. Matière organique.....	21
1.7. Calcaire total et calcaire actif.....	22
2. Paramètres floristiques.....	23
2.1. Observations sur terrain.....	23
2.1.1. La retenue d'eau.....	23
2.1.2. Pourcentage de recouvrement du sols.....	26
2.2. Type biologique.....	27
2.3. Adaptation écologique.....	28
<b>Discussion générale et conclusion.....</b>	<b>30</b>

#### **Références bibliographiques**

#### **Annexes**

## **Index des tableaux**

<b>Tableau 01</b> : Liste des barrages sur le territoire algérien.....	5
<b>Tableau 02</b> : Les Barrages à Tébessa (DHT 2021).....	7
<b>Tableau 03</b> : Composition granulométrique du sol au niveau du barrage.....	18
<b>Tableau 04</b> : Pourcentage du recouvrement végétal au niveau des stations d'étude... ..	27
<b>Tableau 05</b> : Types biologiques des espèces au niveau du barrage de El Ouesra.....	28
<b>Tableau 06</b> : Optimum écologique des caractéristiques climatiques et édaphiques des espèces répertoriées au niveau du barrage de El Ouesra.....	39

## Index des figures

<b>Figure 01</b> : Situation géographique de la zone d'étude .....	9
<b>Figure 02</b> : Représentation par satellite du barrage de Safsaf El Ouesra et les points d'échantillonnage floristique effectués. ....	10
<b>Figure 03</b> : Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa pour l'année 2020.....	12
<b>Figure 04</b> : Aspect général du sol en aval du barrage : croûte de battance.....	18
<b>Figure 05</b> : Valeurs moyennes du pH du sol en fonction des sites de prélèvement au du.....	19
barrage Safsaf El Ouesra	19
<b>Figure 06</b> : Valeurs moyennes de la conductivité électrique du sol ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf Ouesra.....	20
<b>Figure 07</b> : Valeurs moyennes de l'humidité du sol (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra. $\pm$ écart-type. NS : non significatif.....	20
<b>Figure 08</b> : Valeurs moyennes du carbone organique (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra .....	21
<b>Figure 09</b> : Valeurs moyennes de la matière organique (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.....	22
<b>Figure 10</b> : Valeurs moyennes du calcaire total (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.....	22
<b>Figure 11</b> : Valeurs moyennes du calcaire actif (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.....	23
<b>Figure 12</b> : Ceintures végétale et pierreuse au niveau du barrage de Safsaf El Ouesra.....	24
(Google earth)	
<b>Figure 13</b> : Ceinture pierreuse en amont du barrage avec couvert végétal.....	25
<b>Figure 14</b> : Ceinture pierreuse en amont du barrage sans couvert végétal avec deux marquages de la diminution de la retenue en eau (photo originale).....	25
<b>Figure 15</b> : Végétation à l'arrière de la digue (photo originale).....	25
<b>Figure 16</b> : Végétation au alentour du barrage à 500 m (photo originale).....	26
<b>Figure 17</b> : Pourcentage de recouvrement du sol au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.....	26

## Liste des Abréviations

<b>ANBT</b>	: Agence Nationale Des Barrage Et Transfert
<b>B</b>	: Barrage
<b>C.E</b>	: Conductivité Electrique
<b>C°</b>	: degrés Celsius
<b>D</b>	: droite
<b>DHT</b>	: Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tébessa
<b>Dj</b>	: Djebel
<b>G</b>	: gauche
<b>M O</b>	: Matière Organique.
<b>P</b>	: Précipitations
<b>PH</b>	: Potentiel d'hydrogène
<b>R.C</b>	: retenue dans la commune
<b>T</b>	: température

# *Introduction générale*

L'eau constitue à la fois un élément essentiel et un facteur stratégique de l'aménagement des territoires ; sa disponibilité conditionne de manière déterminante la répartition des populations, de l'urbanisation et des activités économiques (Brels *et al.*, 2008).

Un barrage, comme de nombreuses autres activités humaines, sont partie intégrante de l'environnement, qu'il influencent. De manière générale, l'écosystème correspond aux dernières évolutions des éléments qui composent ce dernier. Ainsi, il affecte particulièrement le climat en créant ce qu'on appelle: le changement climatique qui laissera des effets sur les plantes qui cherchent à s'adapter à ces nouveaux changements environnementaux, conduisant à l'émergence de nouvelles caractéristiques des plantes (McKully, 1998 ; Selka, 2009).

Da nombreuses études se sont intéressées aux plantes des milieux humides leurs caractéristiques et biologie, cependant, il n'y a pas assez d'études sur les caractéristiques des plantes en milieu humide cas des barrages, notamment dans les milieux semi-arides. Ces travaux, qui restent ponctuels et localisés, signalent la présence dec hangements dans les propriétés des plantes (Amoussou *et al.*, 2012).

C'est dans cet ordre d'idée que nous avons entrepris ce travail. Nous avons choisis pour champs d'investigation le barrage de Safsaf El Ouesra (wilaya de Tébessa) zone semi-aride, dans le but d'explorer et d'évaluer la caractéristiques des plantes présentes..

Ce mémoire se veut en trois chapitres. Une synthèse bibliographique donnant un bref rappel sur l'Importance des barrages et effets des barrages sur l'environnement suivie d'une deuxième partie consacrée à l'étude expérimentale présentant ; la région d'étude, la méthodologie de travail utilisées. Le troisième chapitre englobera les résultats et discussion de la partie végétale et pédologique.

***Chapitre I :***  
***Partie bibliographique***

## 1. Définition du barrage

Un barrage est un ouvrage artificiel, le plus souvent construit en béton armé, coupant le lit d'un cours d'eau il est établi à travers une vallée, à l'endroit qui présente un rétrécissement, dont la cuvette doit être géologiquement étanche. En effet, l'eau qui s'accumule dans cette cuvette constitue alors une réserve. Le volume d'eau contenu dans ce réservoir est appelé la capacité (RNE, 2006). Le barrage, outre son corps principal, peut être complété par des annexes : évacuateurs de crues, vidangés de fond, prises d'eau, passes à poissons, turbine électrique (Ramade, 2002).

## 2. Importance des Barrages

L'homme a compris depuis l'antiquité l'importance des barrages, à commencer par le barrage de Ma'rib au Yémen et plus récemment les barrages géants tels que le haut barrage en Égypte et le barrage de Nurk au Tadjikistan d'une hauteur de 300 mètres, qui est considéré comme le plus long barrage du monde (Alédadi,2017).

Selon Tahmiscioğlu *et al.* (2007) l'importance des barrages se résument aux points suivants :

- Fournir de l'eau potable à certaines zones où il y a moins d'eau en utilisant l'eau de pluie pour qu'elle ne soit pas gaspillée
- Atténuation du changement climatique. Augmentant ainsi la quantité de pluie
- Un moyen important de prévenir l'érosion des sols lors du ruissellement des pentes lorsque les pluies sont fortes, ce qui permet de réduire la quantité et la superficie de sol dragué et les dommages importants et à long terme qui en résultent. L'effondrement des maisons touchées par les inondations.
- Fournir de l'eau pour le bétail et les pâturages et créer des pâturages fertiles pour eux. La pénurie d'eau et les pâturages secs sont les principales contraintes à l'augmentation des troupeaux
- Produire une électricité moins nocive pour l'environnement que les barrages et à des prix inférieurs.
- Protection contre les inondations qui menacent la vie et les biens des personnes, et contre la vie réelle, les zones agricoles fertiles sont souvent vulnérables aux inondations. De nombreux barrages ont été construits dans le monde pour se protéger des risques d'inondation et ainsi garantir que les habitants de ces zones ne partent pas

- De nombreux avantages touristiques tirent parti de l'utilisation des lacs de barrage et en font une source majeure pour l'économie de la région
- Alimentation au sol et prévention de la désertification et de l'empiètement du désert
- Dans certains cas, les barrages offrent une meilleure protection de l'environnement, comme la rétention de matières dangereuses et la sédimentation nuisible.

### 3. Les barrages en Algérie

Les premiers ouvrages remontent au 19<sup>e</sup> siècle où quelques barrages de petite taille ont été réalisés dans la partie occidentale du pays. Ces réalisations n'ont pas du tout concerné l'Est algérien. Les premiers barrages construits dans cette région le furent au milieu du 20<sup>e</sup> siècle : Foum El Gueiss (Khenchela) en 1939, suivi du K'sob (M'sila) en 1940 et du Zardezas (Skikda) en 1945 (Touati, 2010).

La construction des barrages en Algérie s'est déroulée en trois phases, comme suit:

#### 3.1. La période coloniale

les techniques de construction de l'époque n'étant pas au point, certains d'entre eux ont été vite emportés par les oueds et d'autres ont été reconstruits plusieurs fois (Cheurfas, Tlelat, Fergoug). Au moins trois raisons peuvent expliquer cela :

- la technologie des barrages n'était pas encore maîtrisée ;
- le régime des cours d'eau était mal connu ;
- les moyens techniques mis en œuvre pour la construction de ces barrages (Benfetta, 2017).

#### 3.2. La période entre 1980-1999

La situation héritée a prévalu jusqu'au début des années 1980 et l'Algérie indépendante a donc, d'une certaine façon, reconduit la politique coloniale, puisque durant les 20 premières années, de 1962 à 1980, seuls trois nouveaux barrages ont été construits (la cheffia en 1965, djorf torba en 1969, sidi mohamed ben aouda en 1970) mais qui ont porté la capacité de stockage de 910 à 1.660 hm<sup>3</sup> ( Benfetta, 2017).

### 3.3. A partir de 2000

Entre 2000 et 2006 pas moins de 13 barrages furent mis en eau. ainsi, chaque année 1 ou 2 barrages sont mis en service donnant, en 2009, 60 barrages en exploitation dont 58 avec une capacité supérieure à 10 millions de m<sup>3</sup> chacun et un volume régularisé global de plus de 7 milliards de m<sup>3</sup>. ce sont des ouvrages qui atteignent rarement les 300 millions de m<sup>3</sup>. les barrages algériens sont, donc, de moyenne capacité, les plus grands d'entre eux ont une capacité de 450 hm<sup>3</sup> pour le barrage de gargar (Relizane), 640 hm<sup>3</sup> pour koudiat acerdoune (Bouira) et 795 hm<sup>3</sup> pour le barrage de beniharoun (Mila) (Touati, 2010 ; Benfetta, 2017).

Les potentialités hydriques naturelles de l'algerie sont estimées actuellement à 18 milliards de m<sup>3</sup> par an, l'irrigation occupe une place importante dans la consommation d'eau ( 62 % de la demande totale du pays ). La part des besoins en eau du secteur industriel ne s'élève qu'à 3 % (Boudjadja, 2003).

En Algérie, il y a 94 barrages et 5 autres barrages sont en construction cependant, ce secteur hydriques naturelles devrait croître à l'horizon de 2030 au alentour de 139 barrages. Ces barrages sont répartis sur 48 wilayas et qui sont gérées par l'agence nationale des barrages et transferts (ANBT) (Ministère des Ressources en Eau, 2020). Le tableau 1 regroupe les barrages mis en eau sur le territoire algérien de 1932 à 2005.

### 4. Les Barrages à Tébessa.

la wilaya de Tébessa compte trois petits barrages et un nombre de retenues collinaires (Tab. 02) ; les barrages ont commencé à être érigés à Tébessa à partir de 2006 dont celui de Safsaf El Ouesra (DHT 2021).

### 5. Effets des barrages sur le climat

Dans les zones semi-arides notamment au sahel, les milieux aquatiques ont une grande importance en tant que support d'activités diverses. Ces écosystèmes abritent une très riche biodiversité, végétale, ichtyologique et avicole. Malheureusement, cette fonction est de plus en plus menacée par les changements climatiques. En effet, ces phénomènes portent atteinte à la biodiversité (Buckley et Truiller, 2005).

Les barrages peuvent avoir un effet synergique avec les changements climatiques. Ils peuvent en effet selon la Commission Mondiale sur les barrages entraînés entre autres impacts la disparition de forêts et d'habitats naturels de même que la baisse de population de

**Tableau 01.** Liste des barrages sur le territoire algérien (Touati, 2010).

N°	Barrage	La mise en eau	Capacité initial (Mm <sup>3</sup> )	N°	Barrage	La mise en eau	Capacité initial (Mm <sup>3</sup> )
1	Souani	2005	47	30	Keddara	1985	145
2	Bouhrara	1999	175	31	Béni Amrane	1988	16
3	Beni Bahdels	1952	63	32	Lekhal	1985	30
4	Mefrouch	1963	15	33	Ksob	1977	30
5	Sidi Abdeli	1988	110	34	Tisedit	2005	167
6	Sarno	1954	22	35	Taksebt	2001	175
7	Ouzert	1986	100	36	Ain Zada	1986	125
8	Bouhanifia	1984	73	37	Lghil Emda	1953	155
9	Fergoug	1970	18	38	Erraguene	1961	200
10	Cheurfas II	1992	82	39	El Agrem	2002	34
11	Sm Benaouda	1978	235	40	Beni Haroun	2004	960
12	Bakhada	1963	56	41	H.Grouz	1987	45
13	Dahmouni	1987	41	42	Beni Zid	1993	40
14	Merdja	1984	55	43	Guenitra	1984	125
15	Gargar	1988	450	44	Zardezas	1977	27
16	Sidi Yakoub	1985	280	45	Zit Emba	2001	117
17	Bouguera	1989	13	46	H.Debagh	1987	200
18	Kouidat Rasfa	2004	75	47	Oued Cherf	1995	157
19	Oued Fodda	1932	228	48	Ain Dalia	1987	82
20	Oued Mellouk	2004	127	49	Chafia	1965	171
21	Harreza	1984	70	50	Mexa	1998	47
22	Deurdeur	1984	115	51	K.Medaouar	2004	69
23	Ghrib	1939	280	52	F.El Gueiss	1939	3
24	Bougezoul	1934	55	53	Babar	1995	41
25	Boukourdane	1992	97	54	Foum Gherza	1950	47
26	Meurad	1860	1	55	F.Gazelles	2000	55
27	Bouroumi	1985	188	56	Brezena	2000	122
28	Ladrat	1989	10	57	Djorf Torba	1969	350
29	Hamiz	1935	21				

certaines espèces et donc une perte de biodiversité aquatique. Mais dans les régions vulnérables aux changements climatiques comme au sahel, ces ouvrages peuvent sous certaines conditions présenter des avantages qui dépassent les inconvénients. Ainsi, au Mali par exemple, sans le barrage de Manantali, le fleuve aurait cessé de couler en 1985 comme cela a été observé la même année à Niamey au Niger (Thomas *et al.*, 2004).

Des études ont pu démontrer que, effectivement, le barrage avec sa vaste retenue, exerce un effet non négligeable sur les paramètres climatiques de sa région, avec principalement l'augmentation des précipitations au niveau annuel pour les stations les plus proches et l'inverse pour les stations situées plus loin de la retenue ainsi que l'abaissement de la température moyenne mensuelle, dans toutes les stations (Phillips et Mculloch, 1972 ; Lino et De Bonviller, 2007).

## 6. Effets des Barrages sur les sols

Les eaux de la construction de barrages noient la végétation et les sols. Leur évolution suit trois phase

- Dynamique initiale : les nouvelles niches écologiques ouvertes ainsi que les stocks de carbone et de nutriments contenus dans la végétation vivante et morte contribuent à une hausse brutale du niveau trophique et de la productivité des réservoirs. Ce phénomène appelé « trophic upsurge », est d'importance et de durée variables. Il s'accompagne d'une désoxygénation et d'émissions de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub>, d'autant plus fortes que la température est élevée ( Teodoru *et al.*, 2011).
- Dynamique à moyen terme : le marnage induit par l'exploitant exonde temporairement les sols noyés, qui sont alors soumis à l'érosion par le batillage des vagues. Dès que la pente dépasse 5 %, les matériaux érodés sont redistribués dans la zone toujours en eau, contribuant à l'accumulation sédimentaire. L'influence écologique de l'apport de nutriments associé à la redistribution des sols pourrait être significative dans les environnements oligotrophes. On connaît très mal l'évolution des sols, ceux touchés par les eaux des barrages. (Hall *et al.*, 2015) Des observations suggèrent aussi que des sols bruns de prairie, ennoyés en permanence depuis 80 ans, ou exondés occasionnellement, ont perdu 30 % de leur carbone, par minéralisation (Tang *et al.*, 2014).

- Dynamique à long terme : A long terme, ce sont les sols du bassin versant et de la zone de marnage en pente faible qui influencent l'écologie des retenues. Les sols du bassin versant dans la mesure où le contexte écologique influence l'érosion et l'apport de nutriments (Turgeon *et al.*, 2016).

**Tableau 02.** Les Barrages et retenues d'eau dans la wilaya de Tébessa (DHT, 2021).

Nom de l'ouvrage	localisation commune (daïra)	Hauteur (m)	Capacité totale (Mm <sup>3</sup> )	Annee d'achevement	Taux de remplissage (%)
B. De Felg	La Région De Felg (Ouenza)	19	120	2014	35
<b>B. De Safsaf El Ouesra</b>	Safsaf El Ouesra (Oum Ali)	34	18,54	2009	90
B. De Ain Zerga	Aïn Zerga (Ouenza)	10	2.02	2014	20
B. D'Ouljet Mellegue	Ouenza(Ouenza)	17	156	2016	85
R.C El Baika	El Kouif (El Kouif)	13.43	1.025	2006	00
R.C El Btine	El Mazraa (El Ogla)	11.16	0.450	2006	02
R .C El Agba	Bir Dheb (Morsott)	13 ,72	0.511	2007	20
R.C Bouroummane	Bakkaria (El kouif)	11,00	0.270	2009	30
R.C Ain El Bey	El Kouif (El kouif)	13	0.224	2009	20
R.C Faid Labba	Bir D Heb (Morsott)	11,5	0.279	2011	10

B : Barrage ; R.C : retenue d'eau dans la commune (village).

## 7. Effets des barrages sur la végétation

La température, l'humidité et les précipitations sont les principales variables qui déterminent la distribution des plantes son type et sa productivité et sa croissance (Ouesra, 2002).

- Le changement climatique aura des impacts sur les eaux douces intérieures des zones humides en raison de l'augmentation de la fréquence des événements (Amoussou *et al.*, 2012).
- Ils affectent directement les plantes et les animaux à différents cycles de vie (Burkett et Kusler, 2000).

- Une augmentation de l'évaporation due à l'élévation de la température de l'air dans les couches superficielles, conduit à prolonger la saison de croissance des plantes (Selka, 2009).
- Les terres agricoles derrière le barrage sont privées des matières fertiles du sol, ce qui est compensé par des engrais (Assani *et al.*, 2007).
- L'utilisation de produits chimiques et de pesticides affecte la santé, l'environnement et la chaîne alimentaire en raison de l'accumulation (Lino et De bonvillier, 2007).
- Polluants dans le sol, les cultures et les animaux dont les humains se nourrissent. (Souchon, 2011).
- Elle entraîne la perte de l'eau du barrage en raison du taux élevé d'évaporation résultant de l'exposition de sa surface aux rayons, le soleil et les températures élevées, ce qui entraîne une augmentation des taux de transpiration, notamment la propagation et l'adaptation de certaines plantes avec de nouvelles conditions.
- Inondation de certaines forêts et terres agricoles, entraînant la perte de certains types de plantes (Salem, 1988).

### **8. Effets des la végétation sur les barrages**

L'effet des plantes sur les barrages réside dans la modification de la qualité de l'eau, ce qui est évident lors de la construction de barrages sur un couvert végétal mort ou des restes de plantes emportés par les eaux de crue. Ou la croissance des plantes à la surface de l'eau des barrages, ou ce que l'on appelle l'eutrophisation (Ryding et Rast, 1993).

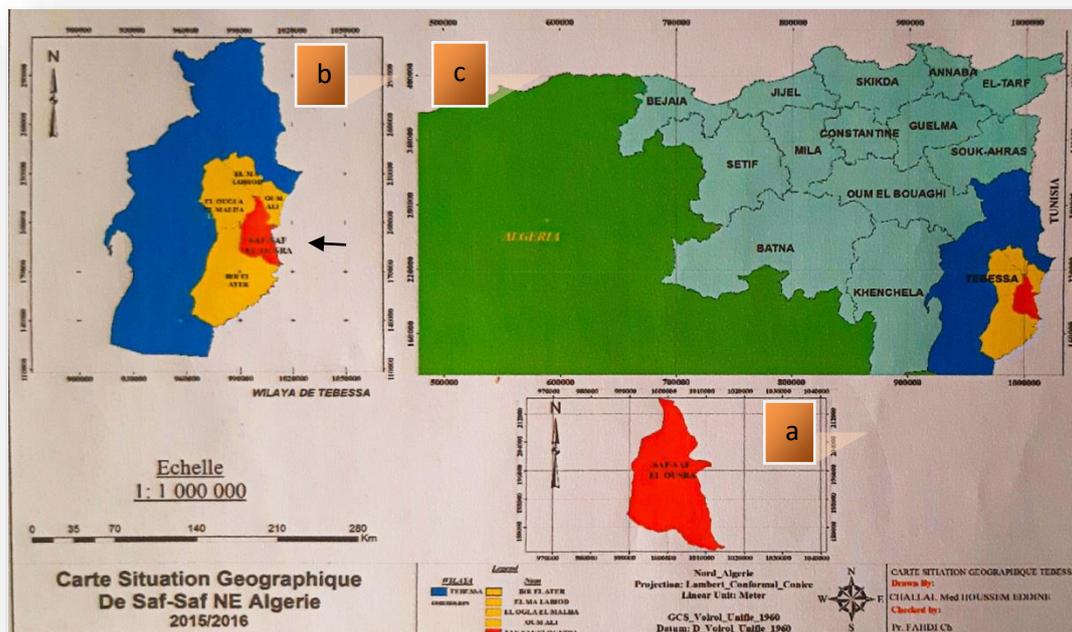
***Chapitre II :***  
***Matériel et Méthodes***

## 1. Description de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique

Située au Nord-Est de l'Algérie, la wilaya de Tébessa avec ces 13 878 km<sup>2</sup> se rattache à l'immense étendue steppique du pays entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par les wilayates d'Oum El Bouaghi et khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est sur 300 km de frontières par la Tunisie (Fig. 01).

Le barrage où se situe notre étude est au niveau de la commune de « Safsaf El Ouesra » ou « Safsaf El Ouesra » qui se rattache à la daïra de Oum Ali avec une superficie de 477 Km<sup>2</sup>, avec les coordonnées 34° 57'24'' N et 8°12'28''E. Cette commune est limité au NNE par le fossé de Bir Sbaikia, au NEW par Dj. Foua, au Sud par l'anticlinal de Dj. Bottna ainsi que Bir El Ater et Dj. Onk au SSW (Soufi, 2016).



**Figure 01.** Situation géographique de la commune de Safsaf El Ouesra (zone d'étude) (a), Safsaf El Ouesra sur la carte de Tébessa (b) et de l'Algérie(c) (Soufi, 2016).

## 1.2. Délimitation du barrage

Le barrage de Safsaf El Ouesra est une œuvre d'art construite à travers un cours d'eau, donc une retenue collinaire qui permet le stockage de l'eau remplis par les eaux de surface et par les eaux des crues des oueds Safsaf et El Ousra dont l'objectif est de fournir en eau potable les communes de tebessa( Bir El Ater, Oum Ali) et d'irriguer les terres agricoles. La hauteur du barrage est de 34 m avec une capacité totale de 18,84 Mm<sup>3</sup> d'eau , sa mise en eau a été en 2010 qui assurent une fourniture de 5.8 Mm<sup>3</sup>, dont 2.8 Mm<sup>3</sup> pour l'eau potable et 3 Mm<sup>3</sup> pour l'irrigation des cultures.n'a fourni jusque là que (DHT, 2021).

Le barrage Safsaf est sur l'Oued Safsaf qui fait partie du bassin versant de chott Melghir est situé à 65 Km au sud de Tébessa à 3 Km environ au Sud-Est de la commune de Safsaf El Ouesra et à moins de 1 Km de la Tunisie. La digue du barrage est implantée à l'entrée des gorges calcaire du Dj. Safsaf. Localisé dans la bordure de la zone du haut Atlas au niveau d'une structure anticlinale de direction W-SW et E-NE. Cet anticlinale se poursuit jusqu'à plus de 25 Km le long de la falaise montagneuse Dj. Bottna et Dj. Serraguia qui se continu vers la Tunisie (Soufi, 2016). La capacité hydraulique du barrage est de 19 Mm<sup>3</sup>.

Les coordonnées géographiques de la digue du barrage est de 34°08.52''N et 8°13'40.08''E à une altitude de 857 m. L'entrée du barrage est l'aval de celui-ci où se déverse les oueds, et l'amont est la retenue d'eau par le barrage au près de la digue (Fig. 02).



**Figure 02.** Représentation par satellite du barrage de Safsaf El Ouesra et les points d'échantillonnage floristique effectués (Google earth, 2021).

### 1.3. Climat

Dans la région de Tébessa, les précipitations ont connus des fluctuations au cours des mois et des années, selon les données climatiques de la période de 1972 à 2019. Des teneurs maximales de 237.7 mm au mois de Décembre ont été notées, ce qui est naturel pour une saison hivernale, viennent en second lieu le mois d'Avril avec 187.6 mm, suivi par les mois d'Août et de Septembre avec 136.6 mm et 138 mm respectivement liées à des pluies orageuses. Pour les teneurs minimales, les valeurs de 0.0 mm et 0.2 mm ont été enregistrées aux mois de Juin et Juillet (mois secs) (Fig. 2a).

Elle atteint ses valeurs maximales durant les périodes d'hiver et printemps

On distingue quatre (04) étages bioclimatiques dans cette région (Andi, 2013) :

- Le Sub-humide (400 à 500 mm/an) très peu étendu il couvre que quelques ilots limités aux sommets de quelques reliefs (Dj.Serdies et Dj.Bouroumane)
- Le Semi-aride (300 à 400 mm/an) représenté par les sous étages frais et Froids couvre toute la partie Nord de la Wilaya.
- Le Sub-Aride (200 à 300 mm/an) couvre les plateaux steppiques de Oum Ali, Safsaf El Ouesra, Thlidjene et Bir El-Ater.
- L'Aride ou saharien doux (-200 mm/an), commence et s'étend au-delà de L'Atlas saharien et couvre les plateaux de Negrine et Ferkane.

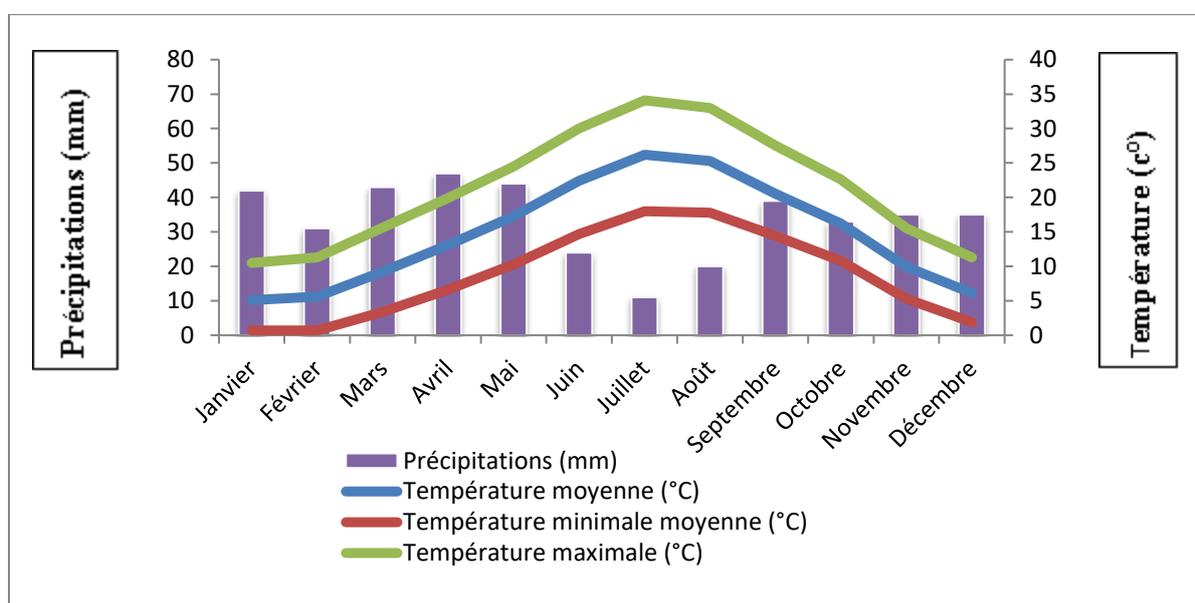
La région d'étude Safsaf El Ouesra est soumise à un climat continental, semi-aride, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une humide marquée par une moyenne pluviosité allant de décembre jusqu'à avril et par des faibles températures atteignant leur maximum au mois de Juillet et Août D'après les données climatiques utilisées de 1998 à 2014 (Soufi, 2016).

Les données climatiques de l'année d'étude de Safsaf El Ouesra n'ont pas pu être disponibles. Les données mensuelles de températures et pluviométrie de 2020 seront utilisées.

Les paramètres du climat ont une influence certaine et directe sur le développement des taxons ou deux principaux paramètres sont pris en considération, les précipitations et la température. Qui d'après (Barylenger *et al.*, 1979), elles sont les charnières du climat ou elles influent directement sur la végétation. Ces paramètres varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition (Kadik, 1984)

Les températures moyennes de la région de Tébessa durant l'année 2020, montrent une augmentation progressive du mois de Janvier (5,1°C) au mois de Juillet (34,1°C), qui décroît ensuite jusqu'au mois de Décembre.

Dans la région de Tébessa, les précipitations ont connus des fluctuations au cours des mois selon les données climatiques de la année 2020 .Des teneurs maximales de 47 mm au mois d'Avril ont été notées, viennent en second lieu le mois de Mai avec 44 mm, suivi par les mois Mars et Janvier avec 43 mm et 44 mm respectivement liées à des pluies orageuses. Pour les teneurs minimales, les valeurs de 11 mm ont été enregistrées aux mois de Juillet (mois secs) (Fig .03), la periode sèche et de 5 mois



**Figure 03.** Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa l'année 2020.

## 2. Analyses pédologiques

Les paramètres du sol sont effectués sur trois répétitions par échantillons pris au niveau de quelques quadrats à différentes distance du barrage. Le sol a été prélevé jusqu'à une profondeur de 20 cm et chaque échantillon a été bien mélangé puis sécher à l'air libre pendant 15 jours. Avant son utilisation le sol est tamisé avec un tamis de 20 mm pour obtenir de la terre fine.

### 2.1. Humidité hygroscopique

La méthode consiste à sécher l'échantillon de terre à l'étuve à 105°C jusqu'à un poids constant. La différence de poids avant et après séchage correspond à la quantité d'eau.

$$H \% = (\text{Poids d'eau} / \text{Poids de terre sèche}) \times 100.$$

## 2.2. Analyse granulométrie par sédimentation

La texture est définie par les proportions relatives ( %) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine de l'horizon. Pour ce faire une quantité de 100 g de sol sec est laissé décanter dans une colonne et de l'eau. L'épaisseur de chaque couche formée permet d'estimer le pourcentage de sables/limons/argiles et, en utilisant le triangle des textures afin de déterminer le type de sol.

## 2.3. pH

La mesure du pH se fait sur 10 g de terre fine dans 50 ml eau distillée (1/5) au pH mètre (Baize, 2018).

<b>pH</b>	<b>Classe</b>
➤ <3,3	Hyperacide
➤ 3,5-4,2	Très acide
➤ 4,2-5	Acide
➤ 5 -6,5	Faiblement acide
➤ 6,5-7,5	Neutre
➤ 7,5-8,7	Basique
➤ >8,7	Très basique

## 2.4. Mesure de la salinité

La conductivité électrique (ce) est un indice des teneurs en sels solubles dans le sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon, c'est-à-dire son degré de salinité. La mesure de la CE se fait sur 10 g de terre fine dans 50 ml eau distillée (1/5) au conductivimètre (Mathieux et Pieltain, 2003).

<b>Conductivité (mmS/cm)</b>	<b>CE(1/5)</b>
➤ 0,6	Non salé
➤ 1	Légèrement salé
➤ 2	Salé
➤ 3	Très salé
➤ 4	Extrêmement salé

## 2.5. Dosage du calcaire total

Le calcaire total est l'ensemble du calcaire de sol représenté sous toutes dimensions (toutes les tailles). Sa quantité dans le sol peut être déterminée après sa dissolution par un acide moyennement concentré.

10 g de terre fine sont versée petit à petit dans un bécher avec 10 ml d'HCl dilué. Après agitation puis un repos de quelques mn puis agitation de 30 mn. Peser le bécher avec son contenu, agiter, laisser reposer quelques minutes, puis repeser. Noter le poids après la stabilisation (Dermech *et al.*, 1982).

$$\% \text{CaCO}_3 = \text{Poids du CO}_2 \text{ dégagé} \times 2,274 \times 100 / \text{Poids du sol}$$

$$= \text{Poids du CO}_2 \times 227,4 / \text{Poids du sol}$$

Classification (Baize, 2018)

- < 1% horizon non calcaire
- 1 à 5 horizon peu calcaire
- 5 à 25% modérément calcaire
- 25-50% fortement calcaire
- 50 à 80% très fortement calcaire
- 80% excessivement calcaire

## 2.6. Dosage du calcaire actif

Il est réservé aux échantillons contenant plus de 5% de calcaire total. Il s'agit de doser la fraction chimiquement active du calcaire du sol. On pratique une réaction modérée qui n'intéresse que les particules calcaires fines (Mathieu et Pieltain, 2003).

Ce dosage repose sur le titrage par oxydo-réduction qui utilise le permanganate de potassium et l'oxalate d'ammonium. On met en contact la terre avec un excès d'une solution d'oxalate de calcium ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ). Après filtration, on dose par retour l'oxalate qui reste, avec une solution de permanganate en milieu acide. Pendant ce titrage, le  $\text{KMnO}_4$  ajouté se décolore en oxydant l'oxalate. Une persistance de la coloration violette du  $\text{KMnO}_4$  indique qu'il n'y a plus d'oxalate à oxyder et qu'on est arrivé au point d'équivalence.

A 2 g de terre fine sont ajoutés 100ml de la solution d'oxalate 0.2N. Après agitation de 2 heures à l'aide d'un agitateur avec une vitesse de 1 tour/seconde la solution est filtrée. A 10 ml du filtrat sont ajoutés 50 ml d'eau distillée, puis 5 ml d'acide sulfurique concentré puis

chauffer à 70°C. Titrage avec une solution de permanganate jusqu'à une couleur rose persistante(V). Témoin sans sol (V')

$$\% \text{ de calcaire actif} = (V' - V) \times 0.2N \times 100/10 \times 50/1000 \times 100/2$$

## 2.7. Dosage du carbone

On oxyde le carbone organique ( C ) d'un échantillon avec le bichromate de potassium en excès (en milieu acide). L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sels de Mohr (le sulfate ferreux). Ce titrage se fait en présence d'un indicateur coloré , le diphénylamine qui vire au vert foncé lorsque l'excès de bichromate est réduit (Méthode Anne, 1945 norme NF ISO 31 109).

A 1 g de sol tamisé est ajouté 10 ml de bichromate de potassium et 15 ml acide sulfurique puis porter à ébullition pendant 5 mn. Après refroidissement, transvaser dans une fiole et ajouter à 100 ml les eaux de rinçage de l'eren. Prélever 20ml dans un bécher et diluer avec 100ml d'eau distillée. 1 g de NaF et 3 à 4 gouttes de diphénylamine sont ajoutés. Le sol est titré avec le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium) à 0,2 N. La solution de couleur brun-noireatre virera au vert (X ml de sel de Mohr).

Témoin (Y) : suivre les mêmes étapes sans le sol

$$\% \text{ C} = (Y - X) \times 6,15 \times (100/20) \times (100 / p) \times 1/1000$$

Y= quantité de sels de Mohr ajouté

P= poids du sol (g)

La matière organique sera calculée selon la formule ci-dessous :

$$\text{MO} (\%) = \% \text{ de C} \times 1,72.$$

<b>MO(%)</b>	<b>Sol</b>
➤ <1	Très pauvre
➤ 1-2	Pauvre
➤ 2-4	Moyennement pourvu
➤ >4	Riche

### 3. Partie Floristique

#### 3.1. Méthode d'échantillonnage de la végétation

L'échantillonnage adopté pour notre étude est un échantillonnage systematique, nous avons utilisé un quadrat de 100 m<sup>2</sup> avec 32 prélèvements autour du barrage sur des transects de 3 à 5 quadrats par transect (Fig. 02). Le nombre de quadrat par transect a été déterminé par le paysage répétitif de la végétation. L'aire minimale a été déterminé selon la diversité des espèces rencontrées. Les prélèvements sont séparés d'une distance d'environ 100 m. À l'intérieur de chaque quadrat, deux transects diagonaux sont effectués pour estimer le taux de recouvrement végétal. A cet effet, nous avons utilisé un mètre ruban gradué tous les 10 cm.

#### 3.2. Relevés floristiques

##### 3.2.1. Estimation du taux de recouvrement

Le taux de recouvrement végétal a été estimé sur la base de 2 transects diagonaux. Pour chaque transect, la méthode linéaire de Canfield (1941) a été appliquée. Une moyenne a été calculée sur les 32 quadrats. Le taux de recouvrement végétal est obtenu de la manière suivante (Maatougui *et al.*, 2013).

$$Rv (\%) = (b / a) * 100$$

Avec RV : Taux de recouvrement.

b = nombre des points où la végétation est présente

a = nombre total des graduations de la corde tendue (100 point).

##### 3.2.2. Diversité taxonomique

Les différents taxons inventoriés ont été déterminés d'après la flore de l'Algérie de Quezel et Santa (1962 et 1963).

#### 3.3. Types biologiques

Le type biologique d'une espèce désigne l'ensemble des dispositifs anatomiques et morphologiques qui caractérisent son appareil végétatif et singularisent son port et sa physionomie (Lebrun, 1960). Dans notre étude, nous nous sommes référés à la classification de Raunkiaer (1934) :

- **Les phanérophytes** : Ce sont des plantes ligneuses dont les bourgeons persistants sont situés à une distance notable sur des axes aériens ayant une persistance plus ou moins longue.
- **Géophytes** : Ce sont des plantes possédant un appareil caulinaire caduc dont les bourgeons se trouvent dans le sol.
- **Chaméphytes** : Ce sont des plantes qui possèdent un appareil végétatif nain, inférieur à 40 cm avec des bourgeons persistants protégés par des débris de plantes.
- **Thérophytes** : Ce sont des plantes annuelles qui passent la mauvaise saison sous forme des graines.
- **Hemicryptophytes** : ce sont des plantes vivaces dont les organes permettent de passer la mauvaise saison (sécheresse ou hiver) se situent au niveau du sol.

**3.4. Adaptation écologique** : est une composante majeure de l'évolution des espèces formant la grande diversité du vivant sur Terre et expliquent l'ajustement apparent entre les traits des organismes et le milieu où ils vivent (Lebrun, 1960). Certaines caractéristiques, édaphiques et du sol pour chaque espèce citée seront groupées selon la basiflore de Julve (2020).

#### 4. Analyse statistique

Les données obtenus sont analysées par une ANOVA à un seul facteur. Les résultats significatifs ont fait l'objet d'une comparaison de moyennes par le test de Tukey au seuil 5% et 1%. Le logiciel utilisé est STATISTICA version 10.

## ***Chapitre III : Résultats***

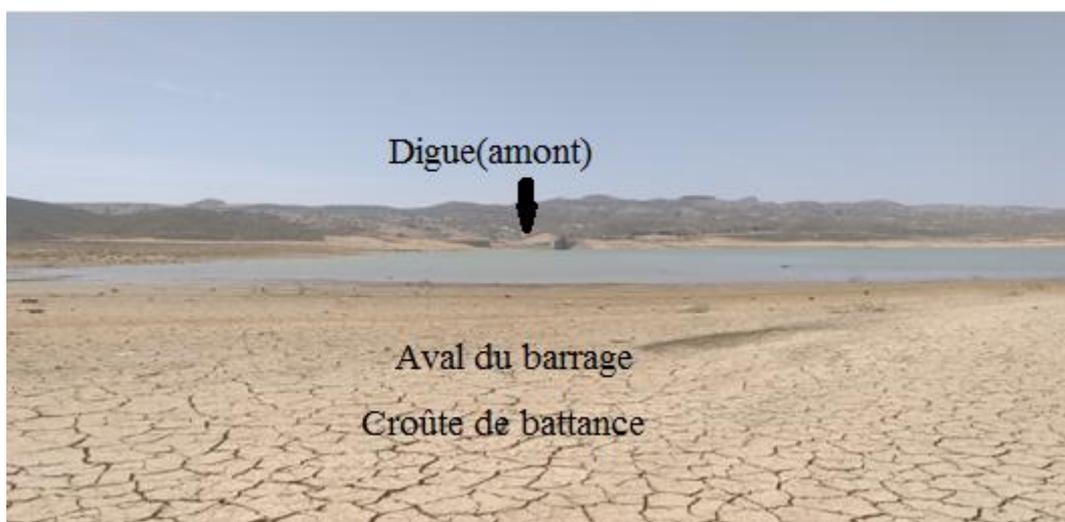
## 1. Paramètres pédologiques

### 1.1. Texture du sol

La texture indique l'abondance relative dans le sol de particules de dimensions variées: sable, limon et argile. Nos échantillons ont montré une texture argileuse pour quasiment l'ensemble des stations à l'exception de l'aval à 50 m de l'entrée du barrage, avec une texture limoneux-argileuse, et la rive droite à 50 m avec un limon fin (Tab. 03). La figure 04 montre un dessèchement accru des alentours du barrage au mois de Mai 2021 mettant en évidence une croûte de battance par fractionnement des agrégats à la surface du solet qui par endroits montre des fissurations profondes du sol.

**Tableau 03.** Composition granulométrique du sol au niveau du barrage de Safsaf El Ousra.

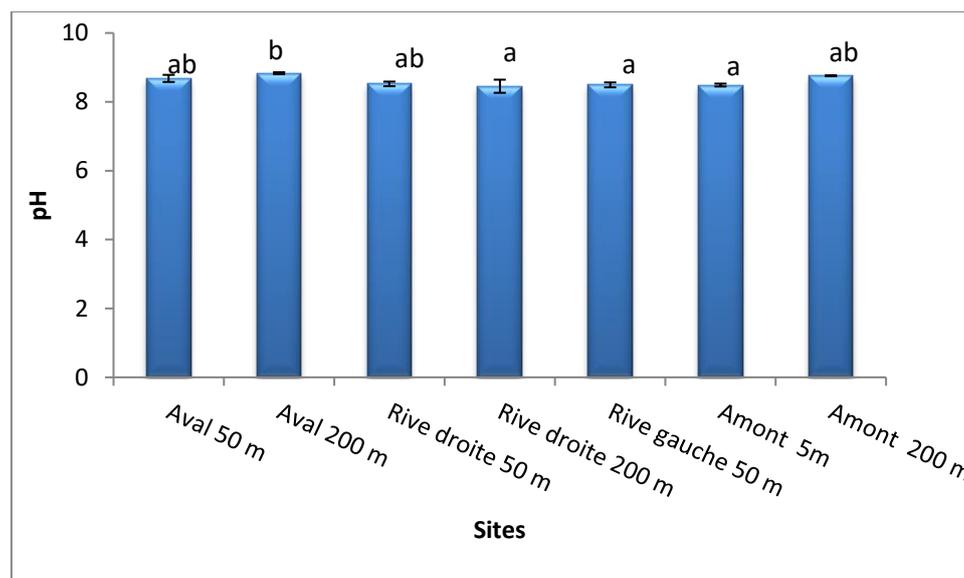
Echantillon	Sable (%)	Limon (%)	Argile (%)
Amont 5m	/	/	100
Amont 200 m	/	/	100
Rive droite 50 m	/	71,93 ± 1,76	28,07 ± 1,75
Rive droite 200 m	/	23,13 ± 2,24	76,87 ± 2,24
Rive gauche 50 m	/	/	100
Aval 50 m	/	47,78 ± 15,67	52,22 ± 15,66
Aval 200 m	/	14,57 ± 11,07	85,33 ± 11,17



**Figure 04.** Aspect général du sol en aval du barrage : Fissuration profonde du sol (Photo originale, 2021).

## 1.2. pH

Selon la figure 05, les valeurs moyennes du pH eau varient entre 8,45 et 8,83 D'après l'échelle de Baize (2018), nos sols sont de basique à très basique. A l'exception de l'amont 200 m qui est très basique. En général les échantillons sont dans la fourchette du pH alcalin. D'après l'analyse de la variance ces résultats sont très significatifs avec  $P < 0,005$  avec trois groupes homogènes par le test de Tukey (Annexe.2.1).



**Figure 05.** Valeurs moyennes du pH du sol en fonction des sites de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.

[± écart-type. Lettres alphabétiques : groupes homogènes au seuil  $\alpha$  0.05]

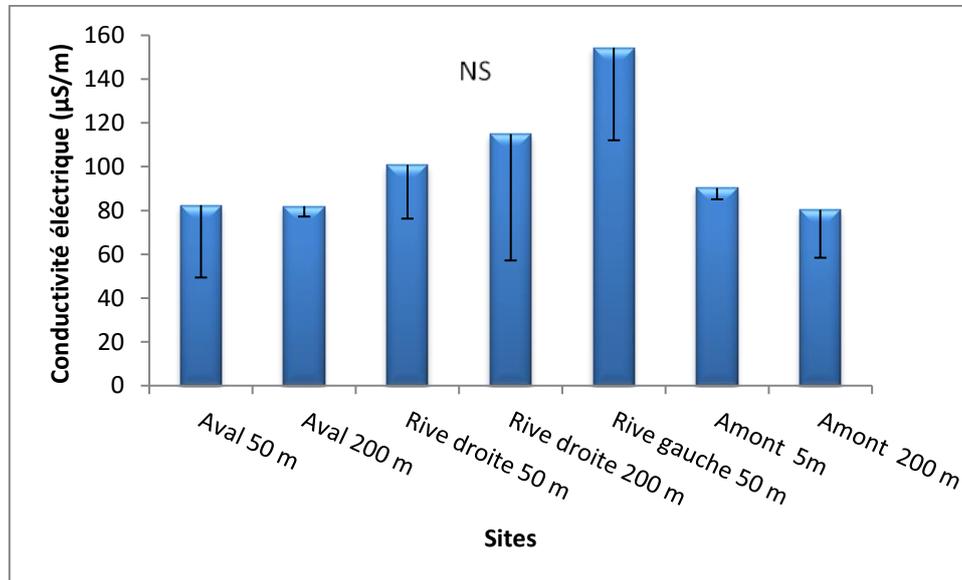
## 1.3. Conductivité électrique

Les valeurs moyennes obtenues pour la conductivité électrique sont de l'ordre de 82,4 à 115,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig. 06) ; on se référant à l'échelle internationale de mesure de la salinité pédologique, on peut dire que le sol de la zone d'étude est non salé. L'ANOVA ne montre pas de différence entre les sites à  $P < 0,05$  (Annexe.2.2).

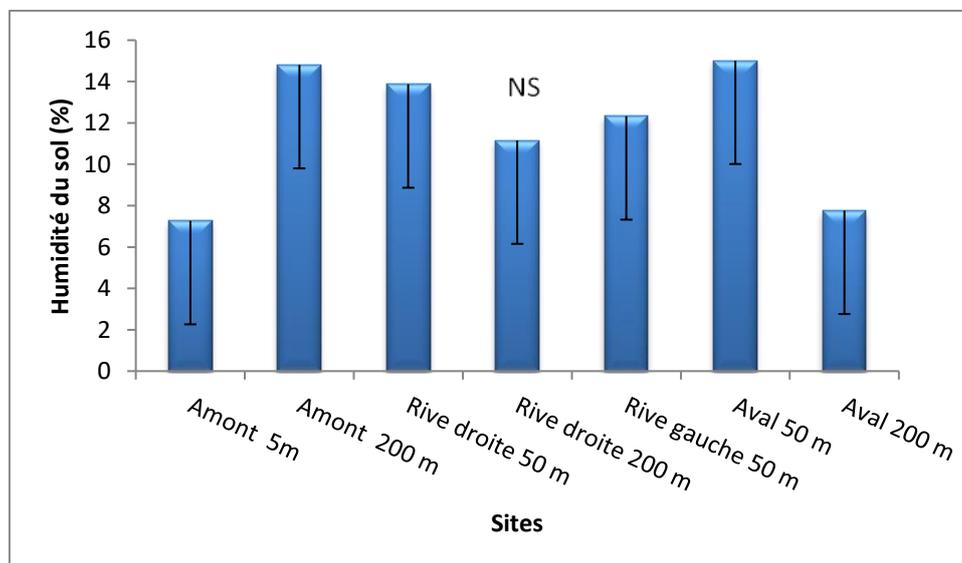
## 1.4. Humidité hygroscopique

Les valeurs moyennes de l'humidité hygroscopique montrent que les sols ne retiennent qu'une faible proportion d'eau qui varie selon les stations. L'amont du barrage à 5 m de la rive à une humidité de 7,26% alors que lors de son prélèvement l'échantillon était une motte compacte engorgée d'eau. A 50 m nous avons noté pour la rive gauche, la rive droite et l'aval ont 12,32%, 13,87% et 15,01% respectivement. A 200 m, les échantillons de l'aval, de la rive

droite et l'amont ont enregistrés respectivement 7,76%, 11,15% et 14,8% (Fig. 07). L'ANOVA ne montre pas de différences significatives entre les sites à  $P < 0,05$  (Annexe.2.3).



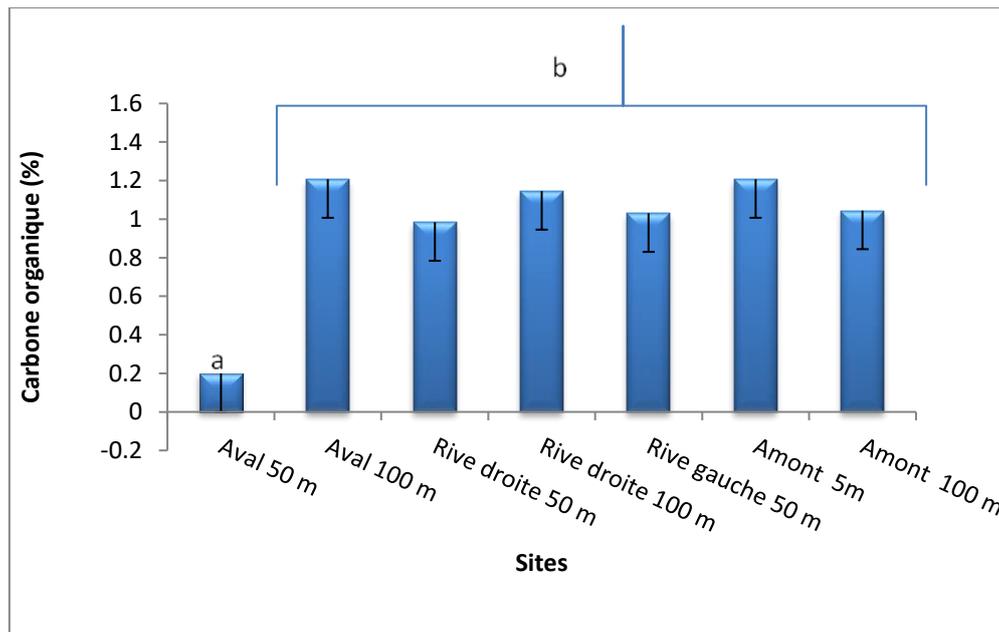
**Figure 06.** Valeurs moyennes de la conductivité électrique du sol ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.



**Figure 07.** Valeurs moyennes de l'humidité du sol (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra. [ $\pm$  écart-type. NS : non significatif.]

### 1.5. Carbone organique

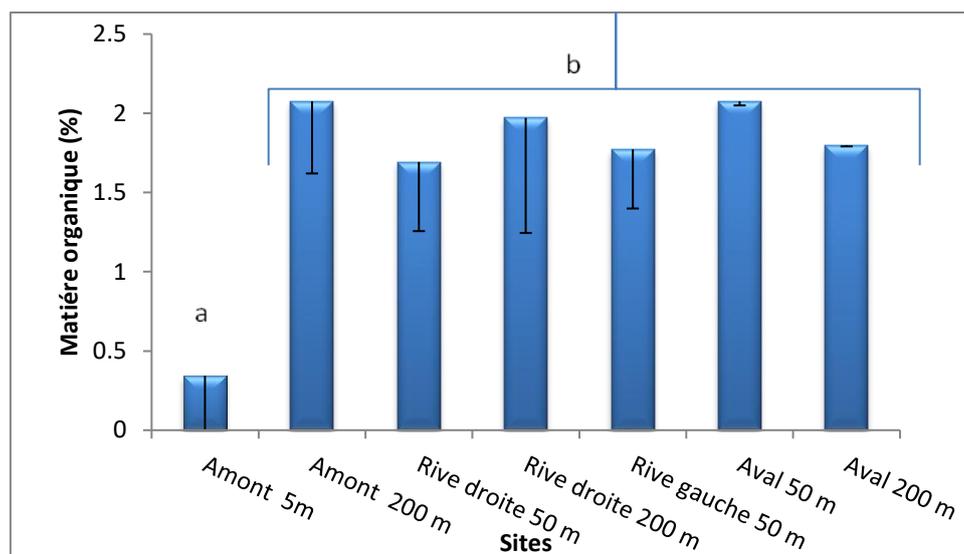
Les taux de carbone organique varient entre 0,20 et 1,21%. Les sols des sites d'étude sont sensiblement différents mais nettement pour la zone en amont à 5 m. Ceci est bien mis en évidence par l'analyse de la variance qui est très hautement significative à  $P < 0,001$ . La comparaison des moyennes par le test de Tukey montre bien cette différence de l'amont 5 m qui est très pauvre par rapport aux autres (pauvres) (Fig.8)



**Figure 08.** Valeurs moyennes du carbone organique (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.  
[± écart-type. Lettres alphabétiques : groupes homogènes au seuil  $\alpha$  0.05]

### 1.6. Matière organique

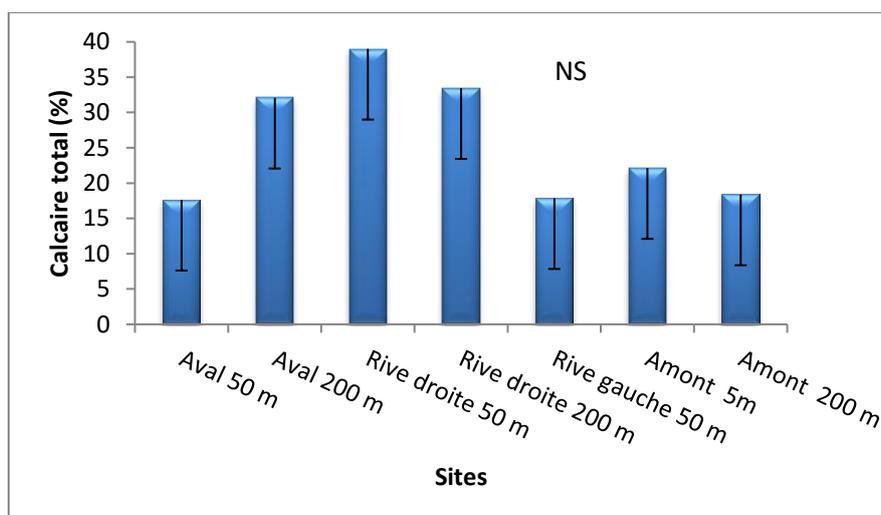
Les taux de la matière organique varient entre 0,34 et 2,08%. Avec comme pour le carbone organique l'amont à 5m se différencie des autres avec la plus faible valeur. Ceci est bien mis en évidence par l'analyse de la variance qui est très hautement significative  $P < 0,001$ . La comparaison des moyennes par le test de Tukey montre bien deux groupes distincts. Tous les sites sont pauvres en matière organique mais l'amont à 5 m est plus que pauvre (Fig. 09).



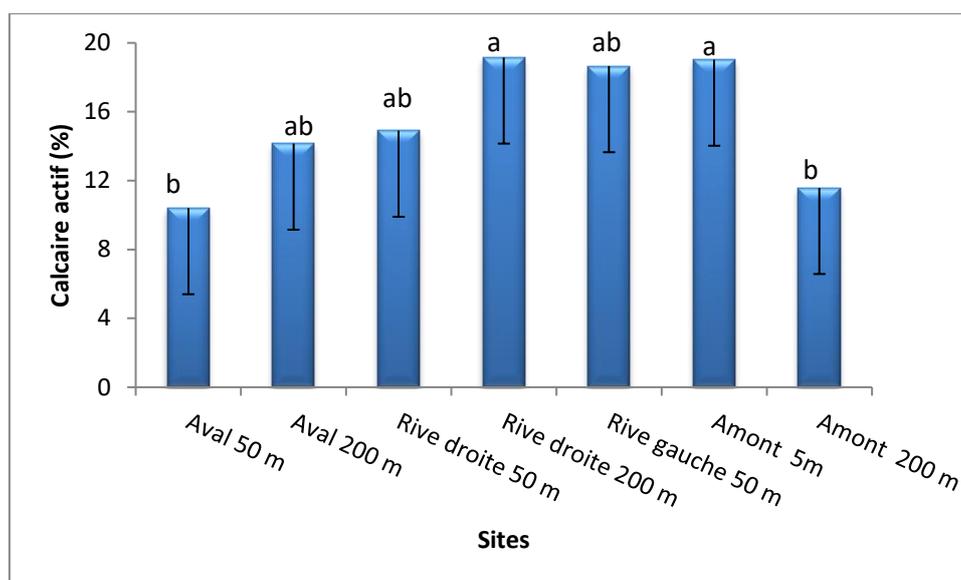
**Figure 09.** Valeurs moyennes de la matière organique (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.  
[± écart-type. Lettres alphabétiques : groupes homogènes au seuil  $\alpha$  0.05]

### 1.7. Calcaire total et calcaire actif

D'après les analyses pédologiques, les sols de la région contiennent de 17 à 39 % de calcaire total variant entre le modéré et le fortement calcaire (Fig 10). Malgré cette variation entre les échantillons l'analyse de la variance ne montre pas de différences significatives. Pour le calcaire actif ce dernier est modéré pour l'ensemble des échantillons variant de 10 à 19% (Fig 11). L'analyse de la variance a révélé un effet très significatif  $P < 0,001$  avec 3 groupes homogènes sans pour autant montré un effet de proximité de la rive ou un effet amont et aval.



**Figure 10.** Valeurs moyennes du calcaire total (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.  
[± écart-type. NS : non significatif.]



**Figure 11.** Valeurs moyennes du calcaire actif (%) en fonction du site de prélèvement au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.  
[± écart-type. Lettres alphabétiques : groupes homogènes au seuil  $\alpha$  0.05]

## 2. Paramètres floristiques

### 2.1. Observations sur terrain

#### 2.1.1. Le barrage (La retenue d'eau)

L'étude a été effectuée sur les quatre côtés de la retenue d'eau du barrage (Fig. 12). La digue qui est l'amont du barrage a montré une ceinture pierreuse qui s'étend sur une centaine de mètres des deux rives (gauche et droite). Vu la quantité d'eau retenue par la digue ainsi que l'eau s'écoulant de la centrale après purification de l'eau, certaines plantes se sont développées sur cette ceinture rocheuse.

En ce qui concerne la quantité d'eau de la retenue du barrage, le remblai pierreuse a montré qu'il y a un abaissement du niveau d'eau, donc une évaporation et un manque de pluviométrie vu les déchets végétaux et ménagers (déchets plastiques et autres) laissés en surface sur deux niveaux montrant deux abaissements de l'eau à deux temps différents (Fig. 13). Cette observation a été noté le 02/02/2021 sans aucun changement à la date du 06/05/2021.

En arrière de la digue une végétation s'est installée dû aux légères fuites, notant comme exemples les plantes apparentes sur la figure 14, *Tamarix gallica*, *Juncus sp* et certaines poaceae ainsi que *Marrubium vulgare* bien développée.

En aval du barrage, nous trouvons une retenue d'eau qui remplit le barrage avec de l'eau de pluie cumulée de nombreux oueds. La largeur de la retenue dépasse 40 mètres, sa profondeur est d'environ 5 mètres, avec un sol argileux (Fig. 15).

Du côté droit du barrage, on trouve des terres agricoles, principalement des cultures de blé et d'orge, quelques oliviers et figuiers de barbarie, ainsi que des habitations et des puits. Du côté gauche du barrage on trouve une couverture végétale dense composée de végétation typique du seui-aide (*Artemisia campestris*, *Anabasis*, *Stipa tenacissima*). On trouve également des ceintures formées de pierres pour empêcher l'érosion des sols (Fig. 16).



**Figure 12.** Ceintures végétale et pierreuse au niveau du barrage de Safsaf El Ouesra (Google earth).



**Figure 13.** Ceinture pierreuse en amont du barrage avec couvert végétal (Photo originale, 2021).



**Figure 14.** Ceinture pierreuse en amont du barrage sans couvert végétal avec deux marquages par dépôt de débris du à la diminution de la retenue en eau (Photo originale, 2021).



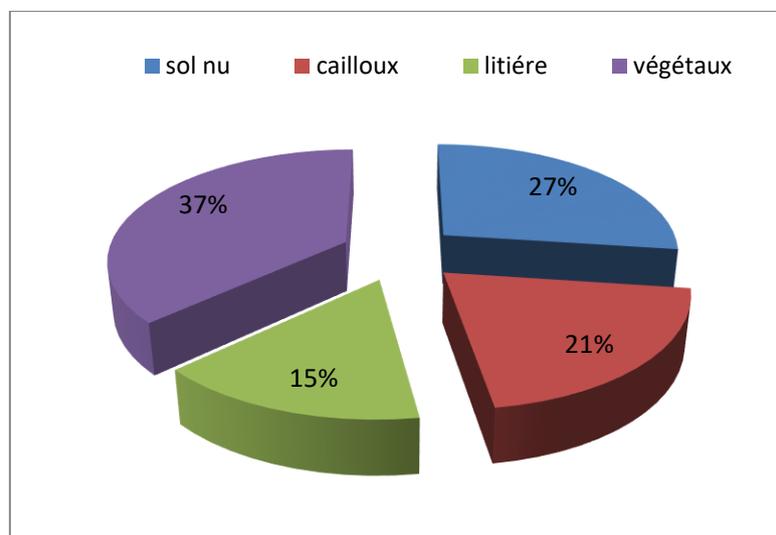
**Figure 15.** Végétation à l'arrière de la digue (Photo originale, 2021).



**Figure 16.** Végétation au alentour du barrage à 500 m (Photo originale, 2021).

### 2.1.2. Pourcentage du recouvrement des éléments du sol

La figure 17 met en évidence les pourcentages des composants des sites échantillonnés aux alentours du barrage de el Ouesra , où les plantes couvrent 37%, ce qui est considéré comme le pourcentage le plus élevé suivi du sol nu par 27%, les cailloux de 21% et enfin la litière de 15% (un mélange de plantes mortes et autres débris).



**Figure 17.** Pourcentage de recouvrement du sol au niveau du barrage Safsaf El Ouesra.

Le tableau 04 expose le groupe de végétaux situées au niveau de la zone d'échantillonnage aux environs du barrage de la région d' El Ouesra. Il est important de faire savoir que la région regroupe une vingtaine d'autres d'espèces que nous ne citons pas dans cette étude.

Les plantes inventoriées ont été classées en deux groupes par ordre d'abondance, le premier groupe est composé par *Stipa tenacissima*, *Anabasis articulata*, *Marrubium vulgare* et *Scolymus hispanicus* très abondants et le deuxième groupe par le reste des espèces.

**Tableau 04.** Pourcentage du recouvrement végétal au niveau des stations d'étude

<i>Taxon</i>	<b>Pourcentage (%)</b>
<i>Stipa tenacissima</i>	19.7
<i>Marrubium vulgare</i>	10.02
<i>Scolymus hispanicus</i>	3.18
<i>Raphanus raphanistrum</i>	1.43
<i>Anabasis articulata</i>	0.50
<i>Xanthium strumarium</i>	0.43
<i>Calendula arvensis</i>	0.42
<i>Scrophularias canina</i>	0.35
<i>Poaceae</i>	0.29
<i>Artemisia campestris</i>	0.25
<i>Capsella bursa pastoris</i>	0.23
<i>Juniperus phoenicea</i>	0.18
<i>Artemisia herba alba</i>	0.01

## 2.2. Types biologiques

Le tableau ci-dessous nous montre les types biologiques de quelques plantes au niveau du barrage d'El Ouesra (Tab. 5). Il apparaît que les hémicryptophytes et les Thérophytes sont les plus présents avec environ 70%.

**Tableau 05.** Types biologiques des espèces au niveau du barrage de El Ouesra

<b>Taxon</b>	<b>Type biologique</b>
<i>Stipa tenacissima</i>	Hémicryptophyte (< 1m) cespiteux
<i>Marrubium vulgare</i>	Hémicryptophyte (< 1m) érigé
<i>Scolymus hispanicus</i>	Hémicryptophyte (< 1m) bisannuels
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Thérophyte (< 1m) estivaux , Géophytes (< 1m) à tubercule
<i>Anabasis articulata</i>	Hémicryptophyte (< 1m) cespiteux
<i>Xanthium strumarium</i>	Thérophyte (< 1m) estivaux
<i>Calendula arvensis</i>	Thérophyte (< 1m) estivaux
<i>Scrophularias canina</i>	Hémicryptophyte (< 1m) bisannuels
Poaceae	Thérophyte (< 1m) vernaux
<i>Artemisia campestris</i>	Géophyte (< 1m) à rhizome
<i>Capsella bursa pastoris</i>	Thérophyte (< 1m) vernaux
<i>Juniperus phoenicea</i>	Microphanérophyte (8m)
<i>Artemisia herba alba</i>	Chaméphyte (< 1m) suffrutescents

### 2.3. Adaptation écologique

Le tableau 06 montre l'adaptation écologique de chaque espèce en résumant les caractéristiques du climat et du sol spécifiques à chacune, tels que la lumière, l'humidité atmosphérique, la température, la continentalité, le pH, l'humidité, la texture, les nutriments, la salinité, la matière organique.

**Tableau 06.** Optimum écologique des caractéristiques climatiques et édaphiques des espèces répertoriées au niveau du barrage de Safsaf El Ouesra

Espèce	Caractéristiques Climatiques				Caractéristiques du sol					
	Lumière	Humidité atmosphérique	Température °C	Continentalité	pH	Humidité	Texture	Nutriments µg N/l	Salinité (Cl-)	Matière organique
<i>Stipa tenacissima</i>	Hyperhéliophile	aéromésoxérophile	7-10	continentale	hyperbasophile	perxérophile	limon	≈100	0-0,1%	mull carbonaté
<i>Marrubium vulgare</i>	Perhéliophile	intermédiaire	≈13	subocéanique	perbasophile	xérophile	limon	≈1250	ne supportant pas le sel	mull carbonaté
<i>Scolymus hispanicus</i>	Perhéliophile	intermédiaire	≈13	subocéanique	perbasophile	xérophile	limon	≈750	ne supportant pas le sel	mull carbonaté
<i>Raphanus raphanistrum</i>	Perhéliophile	intermédiaire	≈13	marines à maritime	basophile	mésoshydrique	sable fin	≈1250	1,6-2,3%	mull actif
<i>Anabasis articulata</i>	Perhéliophile	aéromésoshydrique	≈13	aéromésoshydrique	basophile	mésosxérophile	limon	≈1000	0-0,1%	mull actif
<i>Xanthium strumarium</i>	Perhéliophile	aéromésoshydrique	≈13	intermédiaire	basophile	mésosxérophile	limon	≈1000	0-0,1%	mull actif
<i>Calendula arvensis</i>	héliophile	aéromésoshydrique	≈13	subocéanique	perbasophile	xérophile	limon	≈750	ne supportant pas le sel	mull carbonaté
<i>Scrophularias canina</i>	héliophile	intermédiaire	≈5	intermédiaire	perbasophile	xérophile	argile	≈300	ne supportant pas le sel	lithosol, peyrosol, régosol
Poaceae	Hyperhéliophile	intermédiaires	≈13	intermédiaire	basophile	mésosxérophile	intermédiaire	≈1250	ne supportant pas le sel	mull actif
<i>Artemisia campestris</i>	Hyperhéliophile	aéromésoshydrique	≈13	océanique	hyperbasophile	xérophile	Limon	≈500	ne supportant pas le sel	mull carbonaté
<i>Capsella bursa pastoris</i>	héliophile	aéromésoshydrique	7-10	intermédiaire	neutrocline	mésosxérophile	Limon	≈1000	ne supportant pas le sel	mull actif
<i>Juniperus phoenicea</i>	héliophile	intermédiaires	≈15	océanique	basocline	xérophile	Limon	≈500	ne supportant pas le sel	mull carbonaté
<i>Artemisia herba alba</i>	Hyperhéliophile	aéromésoshydrique	≈13	océanique	hyperbasophile	xérophile	Limon	≈500	ne supportant pas le sel	mull carbonaté

## Discussion générale et conclusion

---

Au terme de cette contribution qui a porté sur une recherche édaphique et floristique au niveau du barrage du Safsaf dans la région de Safsaf El Ouesra, nous pouvons tirer quelques déductions basiques et évidente de la région. Dans un premier lieu la région est incluse dans l'étage bioclimatique aride due aux faibles précipitations éparses ou condensées en averses et les fortes chaleurs sur une grande période de l'année. Le choix de la mise en place du barrage dans cette région a été dictée par le besoin urgent de satisfaire une demande accrue en eau aussi bien en eau potable que pour les vastes étendues de terres agricoles sans ressources hydriques. Les études géologiques, lithologique et hydrologique de la région ont aboutit à la mise en place du barrage dans cette région où les bancs de calcaire sont abondants ainsi que les marnes.

Nos analyses pédologiques ont confirmés la texture du sol argileuse ou argileux limoneuse. D'après les travaux géologiques de Khaldi et Kalkoul (2009) au niveau de ce barrage, la zone d'argile se trouve à proximité immédiate de la queue de la retenue, et elle est située entre les deux oueds Safsaf et Ouesra, elle est située dans la zone constituée de sédiment d'origine Mio-Pliocène. Sur le périphérique de la zone d'emprunt, le sédiment Mio-Pliocène se présente en tant qu'argile dure de couleur brune et argile sableuse avec débris de calcaire (Soufi, 2016). Il est à noter que des textures sableuses ont été remarqué en dehors du secteur barrage. Les taux de calcaire sont de modéré à fort, dans la norme d'une région dont la roche mère est calcaire et notamment pour Djebel ou les bancs de calcaire crayeux sont massifs. Ce sol argileux peut se gorgé d'eau comme au niveau de la berge du barrage donc peu retenir beaucoup d'eau et gonfler, comme il peut montrer des fentes de dessiccation d'un déficit hydrique : phénomène de rétraction, en somme c'est un sol lourd.

Le pH oxille entre le basique et le très basique montrant des sols alcalins et non salés. La matière organique et le carbone organique sont très faibles d'où un processus d'humification et/ou minéralisation faible devant un couvert végétale à vu d'œil pauvre à proximité du barrage. Il est à signalé que l'humidité de l'air varie entre 80% et 30% de la berge du barrage tout en s'éloignant jusqu'à 500 m, des fluctuations sont constatées selon les températures journalières et les heures de prise de la mesure.

L'inventaire effectué au niveau du barrage de El Ouesra a permis de réunir plusieurs informations. Les observations on aboutit sur le faite que la région est l'image typique du semi aride, par sa localisation dans la zone homogène des hautes plaines de l'Est dans l'étage bioclimatique sub-désertique aténué (aride frais). Le couvert végétale épars et à première vu représenté par le pin d'Alep et des ceintures d'alfa de marrubium, surtout d'astéracées

## Discussion générale et conclusion

---

épineuses représentant la plupart de la broussailles et quelques psammophiles. La région est à typologie pastorale avec quelques exploitations céréalières avec au niveau du barrage quelques oliveraies à côté de quelques petites cultures.

Le barrage se compose de 4 côtés : l'aval avec l'estuaire des oueds, l'amont de la retenue d'eau du barrage et les deux rives gauche et droite. Les côtés de la digues sont entourés par une ceinture piérreuse qui s'est transformée en refuge pour un certain nombre de plantes dont les graines ont été transportées en ces lieux par le vent. Ces plantes, se sont bien développées doublant ou triplant pour certaines leur hauteur et biomasse par comparaison à ceux développés hors de ce secteur de pierres notant comme espèce *Marrubium vulgare*, *Scrophullaria canina*. La couverture végétale commence à partir d'une portée de 50 mètres avec des espèces spécifiques d'un secteur à un autre comme *Anabasis articulata* qui s'étend sur une grande surface sur la rive gauche. Au niveau de la rive droite un mélange d'astéraceae est éparpillé de part et d'autres. Le *Verbascum* se retrouve confiné dans deux sites au plus. Toutes les plantes vu le mode de dispersion des graines se trouvent en colonies denses en ayant des zones de transition avec les autres espèces. Le retame est présent mais assez dispersés et n'a pas été comptabilisé dans l'échantillonnage ainsi que d'autres espèces que nous n'avons pas cités dans cette étude vu qu'ils sont en dehors de la zone d'étude. En s'éloignant du barrage à partir d'une centaine de mètres l'alfa et le marrube prennent place caractéristiques de la région stéppique. Toutes les plantes rencontrées au niveau du barrage sont des plantes de la région semi aride bien confirmé par leur adaptation écologique. Il apparaît que les hémicryptophytes et les Thérophytes sont les plus présents avec environ 70% du total des espèces trouvées. Ces derniers ayant des caractéristiques adaptatives adéquates à la région par leurs exigences climatiques et édaphiques retrouvées en ce lieu.

Les observations visuelles de la végétation ont été quantifiées par la mesure du taux de recouvrement par le biais de quadrats. Il est évident que le taux est faible en considérant les 37% de la végétation. Ce recouvrement additionné au taux de débris et cailloux (35%) permettent d'avancer que cette couverture protège le sol de l'évaporation, notamment dans des régions à conditions sèches où le vent et les températures élevées provoquent une forte assèchement du sol suivis d'une érosion.

Le barrage de Safsaf a présenté lors de notre étude un niveau hydrique bas par rapport à la normale, constaté par les délimitations laissés par les débris après la baisse du niveau d'eau. Ceci dénote d'une évaporation élevée, dû au manque de précipitations et les températures élevées et notamment les vents. La préservation des ressources en eau des barrages et des

## Discussion générale et conclusion

---

retenues collinaires par réduction de l'évaporation est indispensable, en particulier dans les régions arides pour tirer le maximum d'avantages d'un barrage ou retenue (Saggai et *al.*, 2016). La retenue d'eau n'est pas grande et en plus du climat sévère peine à fournir un paysage floristique améliorée dans cette période d'étude où tout le pays peine sous l'effet du changement climatique. On peut ajouter à notre côté flore que la faune notamment les rongeurs ont trouvés un milieu favorable ainsi que les reptiles, cependant au dernière nouvelle de juin 2021 que le barrage a veccu un événement désolant par la mort de milliers de poissons flottants à sa surface sous l'effet de la forte canicule qui a entrainer une baisse du remplissage du barrage ce qui a mener à une diminution de l'oxygene d'où la mort des poissons par asphixie.

Au terme de cette étude, celle ci a permis de connaître les types de plantes présents et de connaître leurs caractéristiques et leur capacité d'adaptation aux caractéristiques environnementales de cette région, ainsi que le developpement d'espèces aux bordures du barrages fournissant un milieu humide en mettant en place des conditions plus adéquats malgré la sévérité du climat.

Cette étude n'est qu'une petite contribution dans l'inventaire floristique de la région de Safsaf en attendant de faire une étude floristique comparative dans le temps.

## ***Références Bibliographiques***

## Référence Bibliographique

---

### Références bibliographiques

Amoussou, E., Camberlin, P., & Mahé, G. (2012). Impact de la variabilité climatique et du barrage Nangbéto sur l'hydrologie du système Mono-Couffo (Afrique de l'Ouest). *Hydrological Sciences Journal*, 57(4), 805-817.

Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI) (2013).

Assani, A., Lajoie, F., & Laliberte, C. (2007). Impacts des barrages sur les caractéristiques des débits moyens annuels en fonction du mode de gestion et de la taille des bassins versants au Québec, *Revue des sciences de l'eau / J. of Water Sciences Journal*. 20(1), 127-146

Baize, D. (2018). Guide des analyses en pédologie. 3ème éd. Quae. 326 p.

Barylenger, A., Evrard, R., Gathy, P. (1979). La forêt vaillant-Carmane . Imprim. Liège

Benfetta, H. (2017). Les fuites d'eau à travers le barrage algérien d'Ouizert, *Sécheresse article scientifique*, 19 (3), 185-192 .

Boudjadja, A. (2003). Article scientifique Ressources hydriques en Algérie du Nord. Pp 10-12.

Brels, S., Coates, D., et Louries, F. (2008). Transboundary water resources management: The role of international watercourse agreements in implementation of the CBD. *CBD Technical Series No. 40*. Montreal: SCBD, 27- 29

Buckley, Y.M., Truiller, G. (2005). Impact des barrages et des changements climatiques sur la biodiversité, 283-286 .

Burkett, V.R., et Kusler, J. (2000). Changement climatique : impacts et interactions potentiels sur les zones humides des Etats-Unis. *Conférence. Ressource en eau. Assoc.*, 36, 313-320.

Dermech, Kh., Karouani, M., & El Belkhi, M. (1982). L'essentiel en pédologie. Haleb Syrie. OPU.

Direction de l'hydraulique de la wilaya de tebessa (DHT). 2021. Document administrative

Hall, S.J, Silver, W.L, Timokhin, V.I, et Hammel, K.E. (2015). Lignin decomposition is sustained under fluctuating redox conditions in humid tropical forest soils, *Global Change Biology*, (21)7, 2818-2828.

## Référence Bibliographique

---

Julve, Ph. (2020). Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2020. <https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie>.

Kadik, B. (1984). Contribution à l'étude phytoécologique et dynamique des pinèdes de pinus halepensis. De l'Atlas saharien. Thèse. Doc. Etat. Uni. H Boumediene. Alger.

Khaldi, Z., Kalkoul, M. (2009). Etude géologique et géotechnique du barrage en BCR. Safsaf wilaya de Tébessa (Algérie). Ingéniorat géologie. Tébessa. 167p

Klein, Y. (2002), Dams, canals and irrigation systems. Vol. 56, No. 3, pg. 191-199.

Lebrun, J. (1960). Etudes sur la flore et la végétation des champs de lave au nord du Lac Kivu. Bruxelles, Inst. Parcs Nat. Congo, 352 pp.

Lino, M., & De Bonviller, A. (2007). étude d'impact sur l'environnement du barrage de lom pangar, optimisation de la capacité de la retenue, rapport final – rév03, isl oreade -breche-sogreah, cameroun, 110.

Maatougui, M E H., Beniwal S. P. S. et Mouri N. (2013). Article de : Impact d'une mise en défens sur la biodiversité végétale d'une steppe semi-aride à Artemisia herba-alba asso dans les hauts plateaux de l'oriental marocain, ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5 , N ° 131006 ISSN 2111-4706 12-17p

Mathieu, C., & Pieltain, F. (2003). Analyses chimiques des sols (méthodes choisies). Ed. Tec&Doc, Lavoisier, 388.

McCully, P. (1996). *Silenced rivers: The ecology and politics of large dams*. Zed Books.

Phillips, D, w & MC Culloch, J A W, (1972). The climat of the Great lakes basin. Toronto, environnement canada, atmosphérique environnement service. Climatologique studies, 20-40

Quezel, P & Santa, S. (1962), Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale (Tome 1), Ed :CNRS. 1-557p

Quezel, P & Santa, S. (1963), Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale (Tome 2), Ed :CNRS. 557-1170p

Ramade, F. (2002). Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement ; 2<sup>ème</sup> édition DUNOD .1100p.

## Référence Bibliographique

---

- Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers. Ed: Clarendon Press. 632p.
- Réseau eau de France Nature Environnement (RNE). (2006). Barrages a modification morphologique des cours d'eau , Pp 1- 23.
- Ryding, S.O & Rast, W. (1993). Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. Ed : Elsevier, Masson, 294p.
- Saggai, S., Boutoutaou, D., & Saker, M. L. (2016). Réduction de l'évaporation des eaux dans les barrages: une stratégie pour augmenter le stockage de l'eau dans les régions arides algériennes. *Hydrological Sciences Journal*, 61(8), 1548-1554.
- Alédadi, S. (2017) Article de journal Avons-nous vraiment besoin de barrages
- Salem, E. (1988). l'impact des barrages sur l'environnement et les ressources en eau, institut d'études asiatiques et africaines , 32P
- Selka, G. (2009). Evaluation des effets environnementaux du barrage sikkak sur la plaine de ain youcef (nw algérie), le colloque sciences citoyennes & biodiversité - 22 et 23 octobre 2009, Univ. Montpellier, 2, 10.
- Souchon, Y & Nicolas, V. (2011). Barrages et seuils : principaux impacts environnementaux rapport final. Onema. Cemagref. 28p.
- Soufi, B. (2016). Evolution du niveau d'eau dans la retenue du barrage Saf-Saf (N.E Algerien) et son impact sur la stabilité de l'ouvrage. Memoire Master II. Univ. Tébessa. Géosciences. 102p
- Tahmiscioğlu, M. S., Anul, N., Ekmekçi, F., & Durmuş, N. (2007). Positive and negative impacts of dams on the environment. In *International Congress on River Basin Management*. pp. 759-769.
- Tang X., Wu M., Li Q., Lin L., et Zhao W., 2014. Impacts of water level regulation on sediment physic-chemical properties and phosphorus adsorption-desorption behaviors. *Ecological Engineering*. Vol.70, pp.450-458.
- Teodoru, C.R., Prairie, T.T, & Del giorgio, P.A. (2011). spatial heterogeneity of surface CO2 fluxes in a newly created eastmain-1 reservoir in northern quebec, canada. *Ecosystems*. 14(1), 28-46.

## Référence Bibliographique

---

Thomas,E., Peat,G., Harris,L., Wilkie,R. ( 2004).Teyssedre, Impact des barrages et des changements climatiques sur la biodiversité, 32-36.

Touati, B.(2010). Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état diagnostic et perspectives d'un aménagement durable.Thèse de Doctorat.Pp 10-11.

Turgeon ,K., Solomon C.T., Nozais, C., et Gregory-Eaves, I. (2016). Do novel ecosystems follow predictable trajectories? Testing the trophic surge hypothesis in reservoirs using fish. *Ecosphere*. 7(12).e01617.17

# *Annexes*

## Annexe1 : Caractéristiques du barrage Safsaf

### 1.1. Caractéristiques Hydrauliques

- Surface du bassin versant : 1348 km<sup>2</sup>
- Précipitation moyenne annuelles : 269 mm /an
- Apporte annuel moyen : 8 ,06 hm<sup>3</sup>
- Apporte solide : 0,156 hm<sup>3</sup>
- Capacité de la retenue normale : 18,54 hm<sup>3</sup>
- Volume utile : 14 ,84 hm<sup>3</sup>
- Volume régularisé : 5,78 hm<sup>3</sup>/an
- Volume mort : 4 ,7 hm<sup>3</sup>

### 1.2. La composition de l'aménagement du barrage

#### ➤ La Digue

- Barrage symétrique en remblai dure à masque amont
- Hauteur au- dessus des fondations : 34 m
- Longueur de la crête : 280 m
- Cote de crête : 876,60 m NGA
- Largeurs en crête : 7m
- Galerie de drainage dans le corps du barrage à la cote 854,5 m NGA
- Cote de la retenue normale : 868,5 m NGA
- Cote des plus hautes eaux (PHE) :874,4 m NGA
- Surface à la cote de la retenue normale : 320 ha

#### ➤ Batardeau amont

- Hauteur : 11m
- Longueur : 132,29m

### 1.3. Evolution annuelles du niveau d'eau dans la retenue de Safsaf El ouesra

Année	Les apports		Les pertes		Volume annuel moyen Pertes/ apports (%)
	Volume max (Mm <sup>3</sup> )	Volume annuel moyen (Mm <sup>3</sup> )	Volume max (Mm <sup>3</sup> )	Volume annuel moyen (Mm <sup>3</sup> )	
2010	2,092		1.007	0.433	33.77
2011	4.415	1 ,6	2.091	0.435	27.19
2012	2,902	1.675	1.311	0.288	17.22
2013	7.244	2,664	2,7851	0.674	25.30
2014	3,560	2,625	0,390	0,250	9,53
2015	11,575	4,630	5,378	1,3	29,32
2016	4,942	4,174	0 ,572	0,473	11,34

## 2. Analyses statistiques

<b>2.1. Analyse de la variance: pH</b>					
$\alpha = 0,01$					
	SC	DDL	MC	F	P
<b>Sites</b>	0,399	6	0,066	4.2	0,005933
<b>Erreur</b>	0,329	21	0,016		

Test HSD de Tukey ; variable pH .Groupes homogènes, alpha = 0,05 Erreur : MC Inter = 0,00846, dl = 21,000			
Site	pH	1	2
Rive droite 200 m	8,452500	A	
Aval 50 m	8,487500	A	
Rive gauche 50 m	8,492500	A	
Rive droite 50 m	8,520000	A	B
Amont 5 m	8,680000	A	B
Aval 200 m	8,757500	A	B
Amont 200 m	8,832500		B

<b>2.2. Analyse de la variance: Conductivité électrique</b>					
$\alpha = 0,05$					
	SC	DDL	MC	F	P
<b>Sites</b>	17170,2	6	2861,7	1,4781	0,233622
<b>Erreur</b>	40656,2	21	1936,0		NS

<b>2.3. Analyse de la variance : Humidité hygroscopique</b>					
$\alpha = 0,05$					
	SC	DDL	MC	F	P
<b>Sites</b>	244,729	6	40,788	2,1828	0,085919
<b>Erreur</b>	392,408	21	18,686		NS

**2.4. Analyse de la variance : Carbone** $\alpha = 0,01$ 

	SC	DDL	MC	F	P
<b>Sites</b>	2,52781	6	0,42130	5,3468	0,001737
<b>Erreur</b>	1,65471	21	0,07880		

Test HSD de Tukey ; variable Carbone Groupes homogènes, alpha = ,05000 Erreur : MC Inter = ,05720, dl = 21,000

site	Carbone (%)	1	2
Amont 5 m	0,199875	A	
Rive droite 50 m	0,984000		B
Rive gauche 50 m	1,030125		B
Aval 200 m	1,044125		B
Rive droite 200 m	1,145438		B
Aval 50 m	1,206938		B
Amont 200 m	1,206938		B

**2.5. Analyse de la variance: Matière organique** $\alpha = 0,01$ 

	SC	DDL	MC	F	P
<b>Site</b>	7,47826	6	1,24638	5,3468	0,001737
<b>Erreur</b>	4,89529	21	0,23311		

Test HSD de Tukey ; variable Matière organique. Groupes homogènes, alpha = ,05 Erreur : MC Inter = ,16921, dl = 21,000

site	Matière organique (%)	1	2
Amont 5 m	0,343785	A	
Rive droite 50 m	1,692480		B
Rive gauche 50 m	1,771815		B
Aval 200 m	1,795895		B
Rive droite 200 m	1,970153		B

Aval 50 m	2,075933		B
Amont 200 m	2,075933		B

### 2.6. Analyse de la variance: Calcaire total

$\alpha = 0,05$

	SC	DDL	MC	F	P
sites	1882,80	6	324,04	1,52962	0,21765
Erreur	4453,27	21	212,09		NS

### 2.7. Analyse de la variance : Calcaire actif (%)

$\alpha = 0,01$

	SC	DDL	MC	F	P
Sites	246,216	6	41,036	5.4775	0,001514
Erreur	157,327	21	7.492		

Tukey HSD test; variable : Calcaire totale. Homogenous Groups, alpha = ,01 Error: Between MS = ,16921, df = 21,000

Site	Calcaire actif (%)	1	2
Amont 5 m	0,343785		A
Rive droite 50 m	1,692480	B	
Rive gauche 50 m	1,771815	B	
Aval 200 m	1,795895	B	
Rive droite 200 m	1,970153	B	
Aval 50 m	2,075933	B	
Amont 200 m	2,075933	B	