

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Physico-Chimique
Spécialité Génétique Fondamentale et Appliquée



Réf :

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

MASTER

Thème

Caryotypes et caryogramme
de *Hordeum vulgare* L.

Présenté par :

Touahri Larbi

Soutenu le : 15 septembre 2022

Devant le jury composé de :

Mme Atmani D	Professeur	Président
Mme Ourari	MCA	Encadreur
Mme Rahmani	MAA	Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

REMERCIEMENTS

Je remercie Allah de m'avoir donné la patience pour faire ce travail.

Je remercie mes parents pour leur soutien moral et financier durant ces années d'étude.

Je remercie mes enseignants pour leur soutien dans la réalisation de ce mémoire et leur application.

Je remercie chaleureusement madame Djafri L. pour son aide précieuse qui m'a permis de terminer ce travail dans les temps.

Je remercie ma promotrice madame Ourari pour son aide sa patience tout le long de la réalisation de ce travail.

Je remercie mes camarades du laboratoire pour leur soutien tout le long de la réalisation de ce mémoire pour leur encouragement afin de terminer ce travail.

Je tiens à remercier mes amis BLAST, KhaaNaj et Anis pour leur aide pour la logistique.

Je remercie tous les travailleurs de l'université de Béjaïa pour avoir participé de près ou de loin à ma formation en tant que biologiste.

Je remercie mes enseignants pour leur travail et leur patience avec nous.

DEDICACE

Je dédie ce travail à mes parents.

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Fig. 1	Différents états de la chromatine (Michel, 2008).	12
Fig. 2	Présentation schématique des différents types de chromosomes (André et al., 1983).	15
Fig.3	Photographie de la plaque métaphasique 1 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	18
Fig. 4	Photographie de la plaque métaphasique 2 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	20
Fig. 5	Photographie de la plaque métaphasique 3 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	22
Fig. 6	Photographie de la plaque métaphasique 4 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	24
Fig. 7	Caryogramme réalisé à partir des quatre caryotypes analysés de <i>Hordeum vulgare</i> L..	26

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tab. I	Nomenclature chromosomique proposée par Levan et al. (1964).	16
Tab. II	Paramètres du caryotype de la plaque métaphasique 1 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	19
Tab. III	Paramètres du caryotype de la plaque métaphasique 2 de <i>Hordeum vulgare</i> L..	21
Tab. IV	Paramètres du caryotype de la plaque métaphasique 3 de <i>Hordeum vulgare</i> L..	23
Tab. V	Paramètres du caryotype de la plaque métaphasique 4 de <i>Hordeum vulgare</i> L.	25
Tab. VI	Paramètres du caryogramme des quatre caryotypes analysés de <i>Hordeum vulgare</i> .	27

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste de tableaux	
INTRODUCTION	01
Chapitre I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	03
1. Présentation du genre <i>Hordeum</i> L.	03
1.1. Répartition géographique	03
1.2. Description de <i>Hordeum vulgare</i> L.	03
1.3. Description de <i>Hordeum bulbosum</i> L.	04
2. Notions de cytogénétique	05
2.1. La chromatine	05
2.2. Les chromosomes	06
Chapitre II : MATÉRIEL ET MÉTHODE	07
1. Matériel	07
2. Méthodes	07
2.1. Technique de coloration au Feulgen	07
2.2. Mesures et établissement du caryotype	09
2.3. Caryogramme	10
Chapitre III : RÉSULTATS ET DISCUSSION	11
1. Dénombrement chromosomique	11
2. Analyse des plaques métaphasiques et réalisation des caryotypes	11
3. Réalisation d'un caryogramme	20
CONCLUSION	22
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

INTRODUCTION

Les Poacées, sont classées parmi les Angiospermes, en monocotylédones de l'ordre des Poales, qui se répartissent à peu près en 12 000 espèces recensées en 780 genres. Elle est la cinquième famille de plantes à fleurs, en terme de nombre d'espèces, après les Asteraceae, Orchidaceae, Fabaceae et Rubiaceae (George, 1999).

On y trouve la plupart des espèces d'herbes et de céréales. Ce sont généralement des plantes herbacées, rarement ligneuses tel que le bambou, qui partagent des caractéristiques morphologiques qui les distinguent nettement des autres familles végétales. Leur tige cylindrique est appelée chaume aux entrenœuds creux. Les feuilles sont alternes à disposition distique, au limbe linéaire à nervation parallèle, et dont la gaine enveloppe la tige. L'inflorescence élémentaire est en épillets et fruits a un péricarpe soudé à la graine (caryopses). Les fleurs sont réduites aux organes sexuels (étamines et ovaire). (Kellogg, 2001).

Les formations graminéennes, comme les savanes ou les prairies sauvages, dans lesquelles les Poacées occupent la majorité de la flore et couvrent plus de 40% de la surface terrestre à l'exception des zones comme le Groenland. Dans les forêts, les zones humides ou la toundra, les Poacées y forment une part importante de ces derniers (White, 1983)

Cette famille de plantes sur le plan économique mondial possède un rôle majeur fournissant une part essentielle de l'alimentation de base, directement grâce aux espèces domestiquées telles que les céréales (blé, riz, orge, maïs, millet) et la canne à sucre (Kellogg, 2001).

Les industries alimentaires utilisent ces espèces pour la préparation de boissons alcoolisées par fermentation comme la bière, le whisky, le gin, la vodka, le genièvre à partir du malt (Kent and Evers , 1994).

Les Poacées sont aussi cultivées pour constituer des pelouses et des terrains de sport, pour lutter contre l'érosion des sols (oyat, vétiver). La famille compte aussi de nombreuses espèces adventices qui affectent les cultures. Cinq espèces de Poaceae (*Cynodon dactylon*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Sorghum halepense*, *Imperata cylindrica*) sont qualifiées par les agriculteurs de mauvaises herbes sur le plan mondial (Heiser, 1978).

L'étude des phytolithes a montré que les Poacées sont probablement apparues au cours de l'ère du Crétacé, il y a plus de 85 millions d'années, faisant déjà partie de l'alimentation de certaines espèces herbivores (Piperno et Sues, 2005).

Ce travail consiste à établir les caryotypes et caryogrammes des espèces sœurs (Poacées).

Ce travail est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre comprend une présentation générale du genre *Hordeum* L., l'aspect botanique des deux espèces étudiées avec un bref rappel de quelques notions de cytogénétique.

- Le deuxième chapitre décrit le matériel végétal ainsi que les méthodes employées.

- Le troisième chapitre résume les résultats expérimentaux obtenus.

- Enfin, une conclusion dans laquelle je récapitule les connaissances acquises lors de ce travail ainsi que les perspectives et les possibilités de poursuivre des recherches sur ce genre, dans le domaine étudié.

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation du genre *Hordeum* L.

Le genre *Hordeum* L. qui fait partie de la famille des Poacées. Renferme des espèces annuelles ou pérennes, hermaphrodites. Ces espèces présentent une fertilisation croisée (plantes allogames) et qui sont pollinisées par le vent (pollinisation anémophile). Ce schéma de reproduction présente cependant, de nombreuses exceptions : autogamie, apomixie, cléistogamie, monoécie et diécie. Le genre présente un nombre chromosomique de base x qui varie de $x= 4$ chromosomes à $x= 19$ chromosomes (Kant et al., 2016)

Les espèces du genre *Hordeum* sont généralement des plantes herbacées, annuelles ou vivaces à tige creuse, cylindrique et portant des nœuds. Elle est appelée 'chaume'. Elle est généralement non ramifiée sauf au niveau du sol où se produit souvent du tallage un phénomène qui conduit à la formation de touffes caractéristiques. Certaines espèces produisent des rhizomes ainsi que des stolons qui permettent une occupation des terrains en surface et la formation de pelouses.

1. 1. Répartition géographique

Les Poacées sont une des familles les plus œcuméniques. La zone la plus riche au monde en termes de biodiversité est Agulhas Plain, dans la région du Cap en Afrique du Sud, un des 25 hotspots mondiaux de la biodiversité. Dans ce paysage de savane arbustive et de fynbos (maquis), poussent 1 751 espèces différentes de Poacées (soit environ 3 fois le nombre de Poacées de la flore de France). On les trouve sur tous les continents, y compris en Antarctique, les zones équatoriales, au cercle polaire depuis les bords de mer et jusqu'au sommet des montagnes (Kellogg, 2015).

1.2. Classification de *Hordeum vulgare* L.

Hordeum vulgare L. ou orge cultivée est une espèce annuelle, diploïde ($2n = 2x = 14$ chromosomes) (Schubert et al., 2016). Bien adaptée au climat méditerranéen du fait de sa rusticité, l'orge pousse aussi bien sous les tropiques qu'à 4 500 m d'altitude au Tibet.

Hordeum vulgare L est classé comme suit :

Embranchement : Spermatophytes

Clade : Angiospermes

Ordre : Poales

Famille : Poacées

Genre : *Hordeum*

Espèce : *Hordeum vulgare* L.

H. vulgare L. est une plante herbacée annuelle, à tige dressée, robustes, poussant en touffes et pouvant atteindre de 60 à 120 cm de hauteur. Les feuilles peu nombreuses sont alternes, au limbe linéaire-lancéolé. La feuille supérieure et très proche de l'épi. Le limbe foliaire peut atteindre 25 cm de long sur environ 1,5 cm de large. La gaine est lisse, striée, avec une ligule courte et membraneuse (Duke, 1983).

1.3. Description de *Hordeum bulbosum* L.

H. bulbosum L. ou orge bulbeuse est une espèce pérenne originaire de la région méditerranéenne. Elle présente un cytotype diploïde ($2n=2x=14$ chromosomes) et un cytotype tétraploïde ($2n=2x=28$ chromosomes) (Bothmer et al., 1991). Cette espèce pérenne, présente un entre-nœud basal élargi en bulbe, elle est allogame stricte avec un système d'auto-incompatibilité et peut se propager au moyen de bulbes (Hanifi, 1999).

Hordeum bulbosum L. est classé comme suit :

Embranchement : Spermatophytes

Clade : Angiospermes

Ordre : Poales

Famille : Poacées

Genre : *Hordeum*

Espèce : *Hordeum bulbosum* L.

H. bulbosum est une plante vivace de 50 cm à 1 mètre, gazonnante, à souche renflée en bulbe, pédicellés, nautiques, glumes inégales, celles de l'épillet moyen lancéolées en alène et ciliées. La tige est assez robuste, dressée ou ascendante, nue au sommet. Les feuilles sont

planes, pubescentes, comprimé-distiques à gaines glabres. La ligule, courte, est tronquée. Les épis sont allongés (8-12 cm) à axe peu fragile. L'épillet moyen seul fertile est sessile, et longuement aristé. Les latéraux sont stériles. La glumelle de l'épillet fertile est à arête 2-3 fois plus longue que les glumes. Le caryopse est oblong (Julve, 2021).

2. Notions de cytogénétique

2.1. La chromatine

En dehors des divisions cellulaires, l'acide désoxyribonucléique ADN est sous la forme de chromatine interphasique. A l'aide de colorants, on peut révéler sur les chromosomes, des zones de coloration plus ou moins intenses reflétant le degré de condensation de la chromatine. On distingue : l'euchromatine et l'hétérochromatine (Harry, 2001).

L'euchromatine est constituée de chromatine qui est légèrement colorée et relativement déroulée pendant l'interphase. Les régions euchromatiques contiennent la plupart des gènes structuraux (Klug et al., 2007). Cette partie de chromatine a peu de compaction, ce qui rend son ADN accessible aux enzymes et disponible pour la transcription.

L'hétérochromatine correspond à une zone fortement colorée qui reste condensée dans le noyau durant l'interphase. On distingue deux types d'hétérochromatine : hétérochromatine constitutive et hétérochromatine facultative. L'hétérochromatine facultative correspond à un état de condensation non permanent entraînant l'inactivation des séquences colorantes impliquées (différences dans le comportement entre deux chromosomes homologues). L'hétérochromatine constitutive représente un état de condensation permanent de certaines zones, affectant les deux chromosomes homologues. Elle est composée de séquences d'ADN moyennement ou hautement répétées riches en paires de bases Guanine/Cytosine et se trouve dans des régions spécifiques notamment au niveau des centromères et des télomères (figure 1) (Michel, 2008).

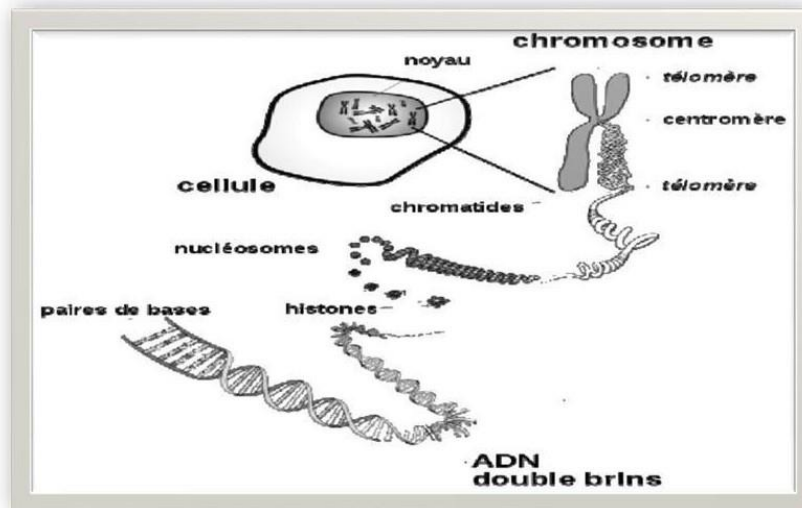


Figure 1. Différents états de la chromatine (Michel, 2008).

L'hétérochromatine joue un rôle important dans la régulation de la méiose (attraction des homologues, régulation des crossing over, formation des chiasmas) surtout dans les conditions écologiques difficiles. Siljak–Yakovlev, (1986) a mis le point sur le rôle très significatif que peut jouer l'hétérochromatine constitutive dans l'adaptation et l'évolution des espèces végétales, ainsi que dans la protection des zones vitales du génome (organiseurs nucléolaires et centromères). L'hétérochromatine constitutive est révélée à l'aide d'une technique de coloration différentielle, le C-banding.

2.2. Les chromosomes

Les chromosomes sont des structures en forme de bâtonnets (matériel génétique) faites de chromatine nucléaire visibles pendant la division cellulaire. Sur chaque chromosome sont alignés les gènes dans un ordre fixe. Chaque chromosome porte une zone de constriction primaire dénommée centromère ; c'est le point de liaison des deux chromatides sœurs. Les segments chromosomiques situés de part et d'autre du centromère constituent les deux bras du chromosome. La position du centromère permet de distinguer un bras court ou proximal (bras p) et un bras long ou distal (bras q) (Anthony et al., 2002).

L'objectif de notre travail est de réaliser un caryotype et un cartogramme de *Hordeum vulgare* L.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel

Le matériel d'étude est constitué de graines de *Hordeum vulgare* L. Ce matériel a été récolté dans la région Bejaïa en 2021.

2. Méthodes

2.1. Technique de coloration au Feulgen (Feulgen et Rossenbeck, 1924)

2.1.1. Germination des graines

Pour l'étude des chromosomes mitotiques, nous avons travaillé sur des méristèmes racinaires. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre imbibé d'eau pendant trois jours ou plus à température ambiante.

2.1.2. Prétraitement

Après avoir atteint une longueur de 0.5 à 1 cm, les méristèmes racinaires sont prétraités dans une solution saturée d'alpha-bromonaphtalène (1 goutte pour 1 litre d'eau) pendant une période de 24 heures. Cet agent a pour effet de bloquer les divisions mitotiques au stade métaphasique.

2.1.3. Fixation

Le but de cette étape est de détruire toute vie cellulaire et de bloquer les divisions cellulaires en conservant l'intégrité structurale des chromosomes. Les méristèmes racinaires sont fixés dans éthanol pendant une période d'une semaine à 4° C.

2.1.4. Conservation

Les méristèmes racinaires peuvent être conservés dans l'éthanol à 70/100 au réfrigérateur à 4 °C pendant plusieurs mois jusqu'à la réalisation des écrasements, période qui ne dépasse pas deux semaines.

2.1.5. Hydrolyse acide

Dans le but de ramollir les méristèmes et de favoriser leur coloration et leur écrasement ; une hydrolyse a été réalisée dans une solution d'HCl (1N) à 60° C pendant 10 minutes, ce qui libère les groupements aldéhydiques des molécules d'ADN (séparant ainsi les bases puriques).

2.1.6. Coloration

Les méristèmes racinaires sont colorés au Feulgen pendant 3 heures à l'obscurité. Le colorant se fixe sur les groupements aldéhydiques libérés lors de l'hydrolyse et va donner une coloration rose aux chromosomes à l'observation au microscope. Cette méthode a été décrite pour la première fois par Feulgen en 1929. Cette coloration est suivie d'une deuxième coloration au carmin acétique.

2.1.7. Montage

Les pointes racinaires sont déposées et écrasées dans une goutte d'acide acétique entre lame et lamelle pour assurer la dissociation des cellules et pour obtenir un bon étalement des chromosomes.

2.1.8. Observation au microscope et photographies

Les cellules de la pointe racinaire sont observées et repérées au microscope photonique à l'objectif (10x10). Le stade de métaphase pour l'ensemble des cellules est repéré au grossissement (X 40). Les cellules qui ont des chromosomes bien étalés, bien colorés sont photographiées avec un microscope. Les photographies sont prises à l'objectif 10 x 100.

2.2. Mesures et établissement du caryotype

Un caryotype est une représentation systématisée des chromosomes d'une cellule, tenant compte de la taille et de toutes autres formes morphologiques. Il faut noter que la morphologie des chromosomes est marquée par la position des centromères. Par conséquent, on peut distinguer 4 types chromosomiques (Fig. 2).

- Chromosomes métacentriques : le centromère est en position centrale (position médiane) ce qui lui donne des bras de longueurs à peu près égales.
- Chromosomes sub-métacentriques : le centromère est presque en position centrale ; les chromatides de ce chromosome présentent des bras de longueur inégale (un bras court « C », un bras long « L »).
- Chromosomes acrocentriques : le centromère est plus proche de l'une des deux extrémités (les télomères), le bras court étant très bref.
- Chromosomes télocentriques présentent un centromère très proche de ses télomères. En cas de perte du centromère (anomalie), le chromosome est dit acentrique. D'autres anomalies peuvent provoquer l'apparition d'un chromosome possédant deux centromères nommé chromosome dicentrique. Celui-ci est instable et peut se casser (lors de la méiose) (Lemondé et Clément, 1983).

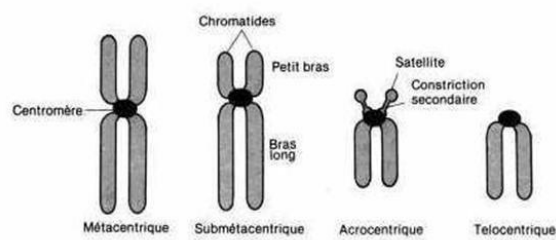


Figure 2. Présentation schématique des différents types de chromosomes (André et al., 1983).

2.3. Le caryogramme

Un caryogramme est la représentation systématisée des chromosomes d'une cellule associée d'après leurs caractères morphologiques. Pour établir un caryogramme, il faut connaître pour chaque chromosome sa morphologie, sa longueur totale (LT) et leur type chromosomique pour pouvoir apparier avec son homologue ; puis classer les chromosomes homologues par longueur totale décroissante. Un idiogramme est une représentation schématique des chromosomes d'un caryotype moyen à partir de plusieurs caryotypes d'une même population. Il est le plus souvent haploïde (sauf s'il y'a une homéologie entre les chromosomes d'une même paire chromosomique dans ce cas-là on le présente sous forme diploïde).

Le caryogramme est construit à partir des mesures effectuées sur quatre plaques métaphasiques pour chaque espèce. Les différentes mesures effectuées sont les suivantes :

- Longueur du bras long (BL) Longueur du bras court (BC) Longueur totale $LT = BL + BC$
- Longueur totale relative $LTR = (LT / \sum LT) \times 100$ Rapport bras long sur bras court $r = BL / BC$
- Différence entre la longueur du bras long et la longueur du bras court $d = BL - BC$ Indice centromérique pour chaque paire chromosomique $Ic = (BC / LT)$

Nous avons travaillé selon la nomenclature de Levan et al. (1964).

Tableau I. Nomenclature chromosomique proposée par Levan et al. (1964).

Position du centromère	D	R	Ic	Type chromosomique
Position médiane	00.0	01.0	50.5	M
Région médiane	00.0-02.0	1.0-1.7	50.5-37.5	M
Région submédiane	02.5 – 05.0	1.7 – 3.0	37.5 – 25.0	Sm
Région subterminale	05.0 – 07.0	3.0 – 7.0	25.0 – 12.5	St
Région terminale	07.5 – 10.0	7.0 – l'infini	12.5 – 00.0	T
Position terminale	10.0	l'infini	00.0	T

M : métacentrique, r : bras long/bras court, m : métacentrique *sensu lato*, d : bras long, bras court, Sm : Submétacentrique, Ic : indice centromérique, St : subtélocentrique, t : acrocentrique, T : télocentrique

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Dénombrement chromosomique

Les dénombrements chromosomiques sont réalisés sur des cellules des méristèmes racinaires de *Hordeum vulgare* L. en division mitotique, en utilisant une technique de coloration au Feulgen.

L'observation des différentes plaques métaphasiques a montré que la population étudiée est diploïde et présente un nombre chromosomique de $2n = 2x = 14$ chromosomes avec un nombre chromosomique de base de $x = 8$ (Fig. 3-6).

3.2. Analyse des plaques métaphasiques et réalisation des caryotypes

Les mesures sont effectuées sur quatre plaques métaphasiques où les chromosomes sont bien individualisés à l'aide du logiciel IdeoKar 1.3.

– Plaque métaphasique 1 :

La figure 3a présente une plaque métaphasique d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* en division mitotique. La figure 3.b. représente le caryotype correspondant. Les résultats obtenus après l'analyse de la plaque 1 sont reporté dans le tableau II.

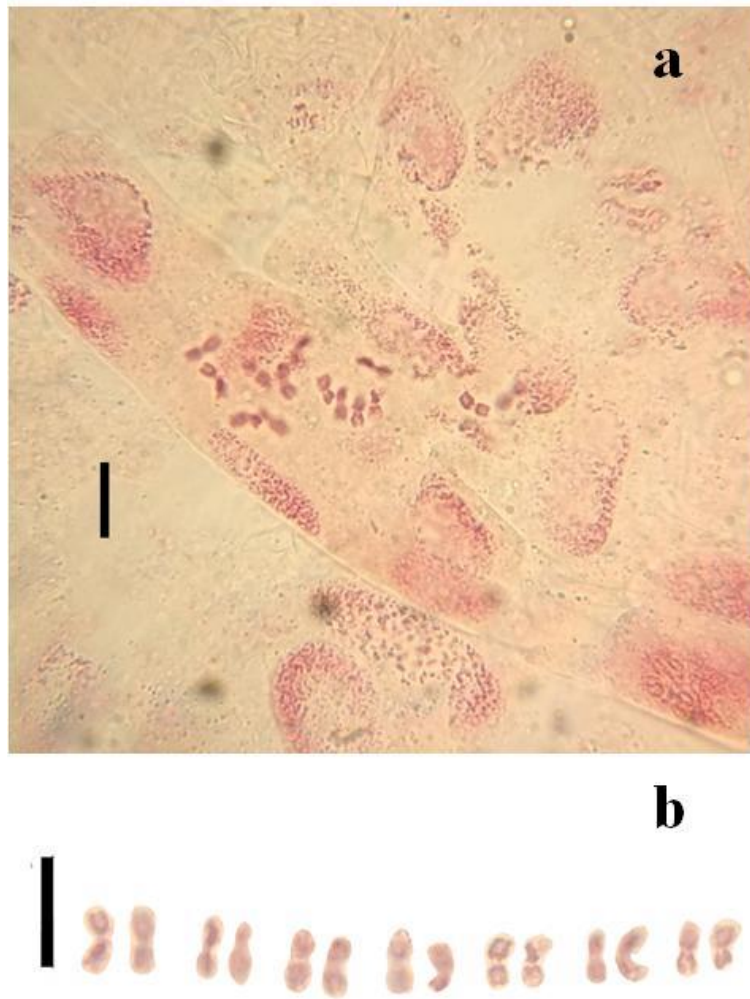


Fig. 3 : Photographie de la plaque métaphasique 1 d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* en division mitotique observée au microscope optique après coloration au Feulgen (a), caryotype correspondant (b), la barre d'échelle correspond à 10 μ m

Tableau II : Paramètres du caryotype de la plaque 1 *H. vulgare*.

N° de Chromosome	L (µm)	S (µm)	CL (µm)	RL%	AR	r-Value	CI	CT
1	2,82	2,47	5,29	8,26	1,14	0,88	0,47	m
2	2,78	2,47	5,25	8,20	1,13	0,89	0,47	m
3	2,63	2,47	5,10	7,96	1,06	0,94	0,48	m
4	3,01	1,93	4,94	7,72	1,56	0,64	0,39	m
5	2,55	2,16	4,71	7,36	1,18	0,85	0,46	m
6	2,47	2,20	4,67	7,30	1,12	0,89	0,47	m
7	2,47	2,12	4,59	7,18	1,16	0,86	0,46	m
8	2,78	1,74	4,52	7,06	1,60	0,63	0,38	m
9	2,32	2,12	4,44	6,94	1,09	0,92	0,48	m
10	2,28	2,05	4,32	6,76	1,11	0,90	0,47	m
11	2,28	2,01	4,29	6,69	1,13	0,88	0,47	m
12	2,39	1,81	4,21	6,57	1,32	0,76	0,43	m
13	2,32	1,89	4,21	6,57	1,22	0,82	0,45	m
14	2,01	1,47	3,47	5,43	1,37	0,73	0,42	m
Σ	35,10	28,92	64,02					
R=1,52							Ias% =54,82	

L : longueur du bras long, S : longueur du bras court, CL : longueur total du chromosomes, RL : longueur relative du chromosome ($RL\% = (CL/\sum CL) \times 100$), AR : rapport L/S, r-Value : rapport S/L, CI : indice centromérique ($CI = S/CL$), CT : type de chromosome, R : Rapport entre la paire chromosomique la plus longue et la plus courte de la garniture chromosomique, Ias : Indice d'asymétrie du caryotype ($Ias = (\sum BL \times 100) / \sum LT$).

– **Plaque métaphasique 2 :**

La figure 4a présente une plaque métaphasique d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* L. en division mitotique. La figure 4b représente le caryotype correspondant.

Les résultats obtenus après l'analyse de la plaque 2 sont reportés dans le tableau III.

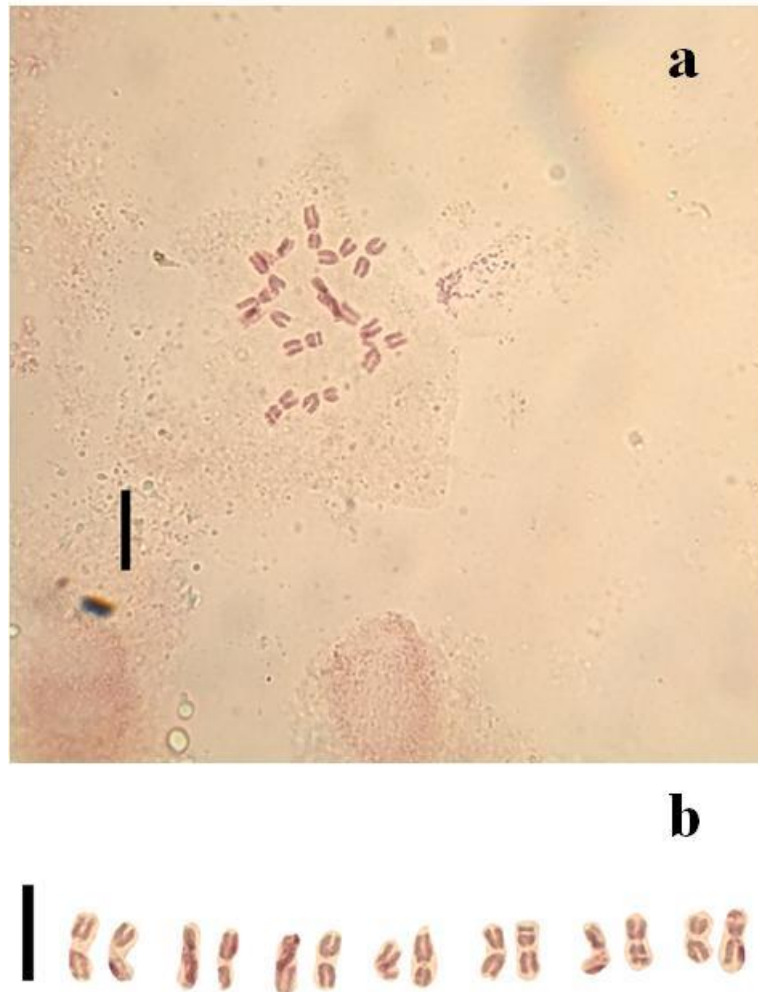


Fig. 4 : Photographie de la plaque métaphasique 2 d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* L. en division mitotique observée au microscope optique après coloration au Feulgen (a), caryotype correspondant (b), la barre d'échelle correspond à 10 μ m.

Tableau III : Paramètres du caryotype de la plaque 2. *H. vulgare*.

N° de Chromosome	L (µm)	S (µm)	CL (µm)	RL%	AR	r-Value	CI	CT
1	3,46	3,11	6,58	8,54	1,11	0,90	0,47	M
2	3,39	3,04	6,42	8,33	1,12	0,90	0,47	M
3	3,62	2,61	6,23	8,08	1,39	0,72	0,42	M
4	3,39	2,61	5,99	7,78	1,30	0,77	0,44	M
5	2,92	2,84	5,76	7,47	1,03	0,97	0,49	M
6	2,84	2,72	5,56	7,22	1,04	0,96	0,49	M
7	3,04	2,49	5,53	7,17	1,22	0,82	0,45	M
8	3,04	2,30	5,33	6,92	1,32	0,76	0,43	M
9	2,68	2,53	5,21	6,77	1,06	0,94	0,49	M
10	2,61	2,53	5,14	6,67	1,03	0,97	0,49	M
11	2,68	2,37	5,06	6,57	1,13	0,88	0,47	M
12	2,41	2,41	4,82	6,26	1,00	1,00	0,50	M
13	2,45	2,33	4,79	6,21	1,05	0,95	0,49	M
14	2,57	2,06	4,63	6,01	1,25	0,80	0,45	M
Σ	41,09	35,95	77,04					
R=1,42							Ias% =53,33	

L : longueur du bras long, S : longueur du bras court, CL : longueur total du chromosomes, RL : longueur relative du chromosome ($RL\% = (CL/\sum CL) \times 100$), AR : rapport L/S, r-Value : rapport S/L, CI : indice centromérique ($CI = S/CL$), CT : type de chromosome, R : Rapport entre la paire chromosomique la plus longue et la plus courte de la garniture chromosomique, Ias : Indice d'asymétrie du caryotype ($Ias = (\sum BL \times 100) / \sum LT$).

–Plaque métaphasique 3 :

La figure 5a présente une plaque métaphasique d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* L. en division mitotique. La figure 5b représente le caryotype correspondant.

Les résultats obtenus après l'analyse de la plaque 3 sont reportés dans le tableau IV.

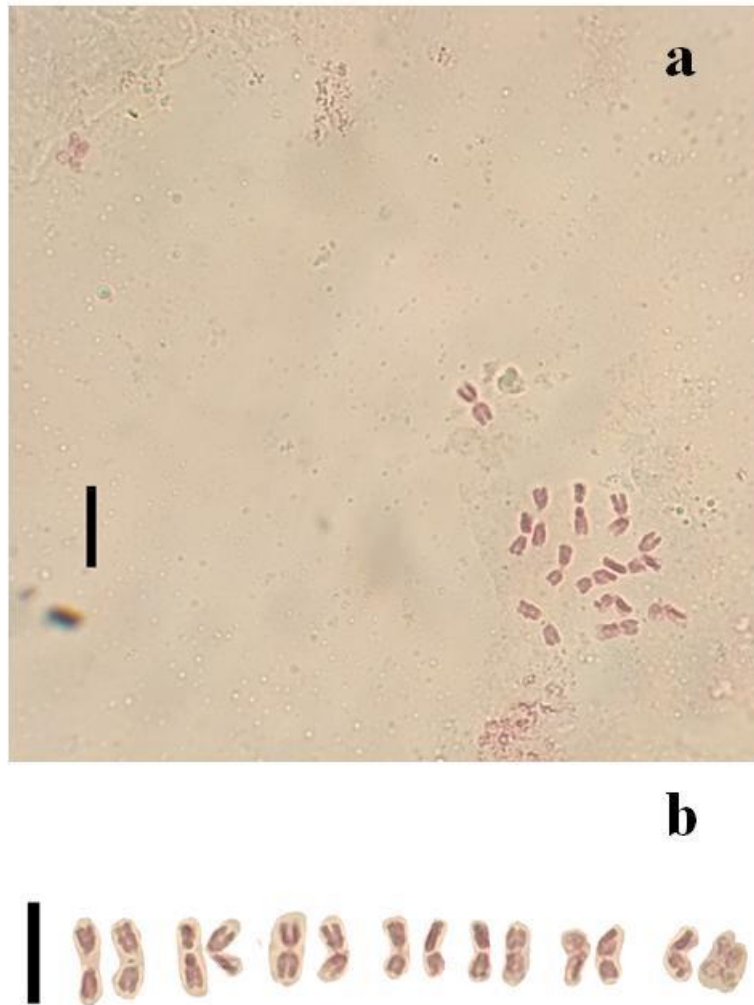


Fig. 5 : Photographie de la plaque métaphasique 3 d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeumvulgare* en division mitotique observée au microscope optique après coloration au Feulgen (a), caryotype correspondant (b), la barre d'échelle correspond à 10µm.

Tableau IV: Paramètres du caryotype de la plaque 3.

N° de Chromosome	L (µm)	S (µm)	CL (µm)	RL%	AR	r-Value	CI	CT
1	3,92	3,38	7,31	9,24	1,16	0,86	0,46	m
2	3,73	3,12	6,85	8,66	1,20	0,84	0,46	m
3	3,65	2,77	6,42	8,12	1,32	0,76	0,43	m
4	3,23	3,04	6,27	7,93	1,06	0,94	0,48	m
5	2,88	2,81	5,69	7,20	1,03	0,97	0,49	m
6	2,88	2,77	5,65	7,15	1,04	0,96	0,49	m
7	3,00	2,38	5,38	6,81	1,26	0,79	0,44	m
8	3,27	2,12	5,38	6,81	1,55	0,65	0,39	m
9	2,62	2,62	5,23	6,61	1,00	1,00	0,50	M
10	2,85	2,38	5,23	6,61	1,19	0,84	0,46	m
11	3,12	2,12	5,23	6,61	1,47	0,68	0,40	m
12	2,88	2,27	5,15	6,52	1,27	0,79	0,44	m
13	2,50	2,46	4,96	6,27	1,02	0,98	0,50	m
14	2,35	1,96	4,31	5,45	1,20	0,84	0,46	m
Σ	42,88	36,19	79,08					
R=1,70							Ias% =54,23	

L : longueur du bras long, S : longueur du bras court, CL : longueur total du chromosomes, RL : longueur relative du chromosome ($RL\% = (CL/\sum CL) \times 100$), AR : rapport L/S, r-Value : rapport S/L, CI : indice centromerique ($CI = S/CL$), CT : type de chromosome, R : Rapport entre la paire chromosomique la plus longue et la plus courte de la garniture chromosomique, Ias : Indice d'asymétrie du caryotype ($Ias = (\sum BL \times 100) / \sum LT$).

–Plaque métaphasique 4 :

La figure 6a présente une plaque métaphasique d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* L. en division mitotique. La figure 6b représente le caryotype correspondant.

Les résultats obtenus après l'analyse de la plaque 4 sont reportés dans le tableau V.

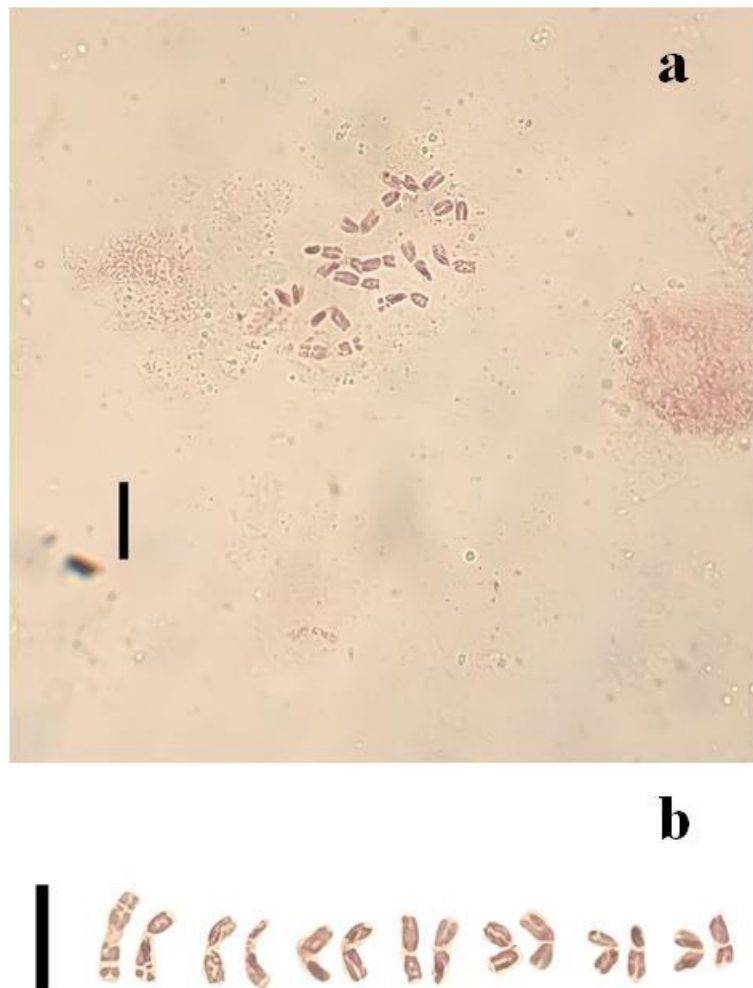


Fig. 6 : Photographie de la plaque métaphasique 4 d'une cellule d'un méristème racinaire de *Hordeum vulgare* en division mitotique observée au microscope optique après coloration au Feulgen (a), caryotype correspondant (b), la barre d'échelle correspond à 10 μ m.

Tableau V: Paramètres du caryotype de la plaque 4.

N° de Chromosome	L (µm)	S (µm)	CL (µm)	RL%	AR	r-Value	CI	CT
1	4,31	3,81	8,12	9,70	1,13	0,88	0,47	m
2	4,19	2,46	6,65	7,95	1,70	0,59	0,37	sm
3	3,35	3,23	6,58	7,86	1,04	0,97	0,49	m
4	3,77	2,77	6,54	7,81	1,36	0,73	0,42	m
5	3,42	3,00	6,42	7,67	1,14	0,88	0,47	m
6	3,54	2,85	6,38	7,63	1,24	0,80	0,45	m
7	3,50	2,58	6,08	7,26	1,36	0,74	0,42	m
8	3,23	2,69	5,92	7,08	1,20	0,83	0,45	m
9	3,19	2,54	5,73	6,85	1,26	0,80	0,44	m
10	2,92	2,58	5,50	6,57	1,13	0,88	0,47	m
11	2,73	2,58	5,31	6,34	1,06	0,94	0,49	m
12	2,58	2,46	5,04	6,02	1,05	0,96	0,49	m
13	2,54	2,31	4,85	5,79	1,10	0,91	0,48	m
14	2,85	1,73	4,58	5,47	1,64	0,61	0,38	m
Σ	46,12	37,58	83,69					
R=1,77							Ias% =55,10	

L : longueur du bras long, S : longueur du bras court, CL : longueur total du chromosomes, RL : longueur relative du chromosome ($RL\% = (CL/\sum CL) \times 100$), AR : rapport L/S, r-Value : rapport S/L, CI : indice centromérique ($CI = S/CL$), CT : type de chromosome, R : Rapport entre la paire chromosomique la plus longue et la plus courte de la garniture chromosomique, Ias : Indice d'asymétrie du caryotype ($Ias = (\sum BL \times 100) / \sum LT$).

3.3. Réalisation d'un caryogramme

Le caryogramme est une représentation schématique des chromosomes d'un caryotype moyen à partir de plusieurs caryotypes d'une même population. Dans notre cas, le caryogramme de la population d'*Hordeum vulgare* L. analysé est établi à partir de quatre caryotypes. Les paramètres utilisés pour tracer le caryogramme de la figure 7 sont résumés dans le Tableau VI.

Le cytotype de cette population est diploïde. La taille des chromosomes varie de 4,47 μm à 6,56 μm . La valeur de l'indice d'asymétrie du caryotype (I As % = 54,37 %), le rapport de la taille entre la paire la plus longue et la plus courte est peu important R = 1,47.

Le caryotype est composé de 7 paires de chromosomes métacentriques (m), dont deux (02) paires ayant des satellites.

La formule chromosomique est $2n=2x=14=14m$ (dont 4 avec satellites).

Tableau VI: Paramètres du caryogramme des quatre plaques *d'Hordeum vulgare* analysées.

N° de paire chromosomique	L (µm)	S (µm)	CL (µm)	RL%	AR	r-Value	CI	CT
Paire 13	3,58±0,57	2,98 ± 0,49	6,56 ± 0,96	17,27	1,2	0,83	0,45	M
Paire 2	3,33±0,38	2,68± 0,39	6,01± 0,64	15,82	1,24	0,8	0,45	M
Paire 3	2,94± 0,37	2,67± 0,31	5,61± 0,65	14,76	1,1	0,91	0,48	M
Paire 4	3,04± 0,31	2,3± 0,31	5,34± 0,55	14,07	1,32	0,76	0,43	M
Paire 5	2,68± 0,31	2,42± 0,22	5,1± 0,48	13,43	1,11	0,9	0,47	M
Paire 6	2,63± 0,28	2,25± 0,26	4,89± 0,42	12,87	1,17	0,86	0,46	M
Paire 7	2,45± 0,24	2,03± 0,33	4,47± 0,48	11,78	1,21	0,83	0,45	M
Σ	20,65	17,33	37,98					
R=1,47							Ias %=54,37	

L : longueur du bras long, S : longueur du bras court, CL : longueur total du chromosomes, RL : longueur relative du chromosome ($RL\% = (CL/\sum CL) \times 100$), AR : rapport L/S, r-Value : rapport S/L, CI : indice centromérique ($CI = S/CL$), CT : type de chromosome, R : Rapport entre la paire chromosomique la plus longue et la plus courte de la garniture chromosomique, Ias : Indice d'asymétrie du caryotype ($Ias = (\sum BL \times 100) / \sum LT$).

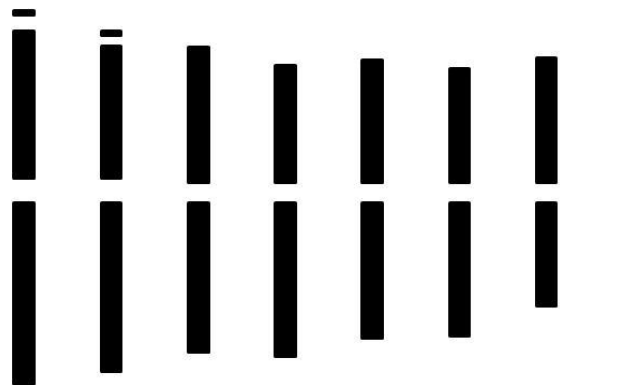


Fig. 7 : Caryogramme correspondant au quatre caryotypes de *Hordeum vulgare* analysés, la barre d'échelle correspond à 1µm.

Ce travail a eu comme principaux résultats de confirmer que l'espèce *Hordeum vulgare* L. a une formule chromosomique de $2n = 2x = 14$ (dont 4 avec satellites). Leur taille qui varie de 4,47 μm à 6,56 μm . Ils sont métacentriques et l'indice d'asymétrie du caryotype IAs % est de 54,37 %.

Ces résultats s'accordent avec les résultats de (Kasha et Sadasivaiah ,1971) qui ont trouvé le même nombre chromosomique pour *Hordeum vulgare* L de $2n = 2x = 14$ chromosomes.

Lazaros et al. (1984) qui étudie *Hordeum bulbosum* L. l'espèce sœur de *Hordeum vulgare* L. ont trouvé comme résultat un caryotype similaire: Diploïde pour *H. bulbosum* ($2n = 14$)

Le caryotype établi est apparu comme un caryotype symétrique avec des chromosomes dont la longueur varie entre 5 et 7 μm environ.

L'ensemble chromosomique contient deux paires de chromosomes distincts, une paire à SAT et une paire de chromosomes plutôt longs et proéminents avec des centromères subterminaux (rapport de bras a. r. = 0,47-0,52). Tous les autres sont soit métacentriques, soit submétacentriques, sans caractéristiques particulières.

En général, il y'a une similarité entre la taille des chromosomes de l'espèce *H. vulgare* (Coucou et al., 1981) et de *Hordeum bulbosum* L. Ces derniers se sont révélés avoir une grande taille absolue. La variation de la taille entre les différents membres du complément semble plutôt faible, c'est-à-dire que le chromosome le plus court est égal à 75,5 % de la longueur du plus long (5,39 μm /7,14 μm).

Cependant, notre étude serait plus précise avec une analyse de plus de plaques métaphasiques pour augmenter la précision des mesures ou utiliser d'autres techniques pour compléter l'analyse cytogénétique et pouvoir comparer la diversité génétique entre les différentes population du genre *Hordeum*.

CONCLUSION

Les espèces du genre *Hordeum* L. représentent une grande importance dans l'alimentation en tant que source principale de glucides dans beaucoup de pays et en Algérie particulièrement. L'étude cytogénétique est importante pour connaître ses caractéristiques.

L'objectif de ce travail était une contribution à la caractérisation cytogénétique d'espèces du genre *Hordeum* L. Au cours de ce travail, nous avons utilisé la méthode de coloration de cytogénétique classique (coloration de Feulgen), pour établir le caryogramme de *Hordeum vulgare* L.

L'analyse des 4 caryotypes a permis de dresser un caryogramme pour la population de *Hordeum vulgare* L. de Béjaïa. Le génome présente un caryotype qui est composé de 7 paires de chromosomes métacentriques (m) dont deux (02) paires ayant des satellites, avec formule chromosomique de $2n=2x=14=14m$.

Les chromosomes de *Hordeum vulgare* L. sont symétriques avec un indice d'asymétrie IAs de 54,37 %. Tous les chromosomes sont métacentriques et avec une longueur qui varie de 4,47 μm à 6,56 μm .

En perspective, il serait souhaitable d'élargir le champ d'analyse de *Hordeum vulgare* L., *Hordeum bulbosum* L. sur les différentes régions de l'Algérie et utiliser des techniques plus poussées de cytogénétique pour mieux analyser leur génome et ainsi comprendre leur différence génétique et de ce fait phénotypiques et apporter de nouvelles connaissances qui seraient bénéfiques pour l'industrie alimentaire ou agricole.

BIBLIOGRAPHIE

- Anthony Griffiths J. F., David Suzuki T., Chrystelle S., 2002. Introduction à l'analyse génétique. De Boeck Université. Paris. P 87.
- Kellogg E.A. 2001. Evolutionary history of the grasses. *Plant Physiology* 125: 1198-1205.
- Kellogg E.A. 2015. Flowering plants Monocots Poaceae Pp. 1-416 in Kubitski K. (ed.) *The families and Genera of Vascular Plants Volume*
- Bothmer R. von., Jacobsen., Jorgensen B.R. et linde-Lausen I., 1991. An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. *Systematic and ecogeographic studies on crop. I. B. P.G. R; Rome, 127p.*
- Kant, L., Amrapali, S. & Babu, B. K. (2016). Barley. *Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement*, 125-157. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802000-5.00003-4>
- Hanifi L., 1999. Contribution a l'étude de l'hétérosis et de l'intérêt des F1, F2 et lignées haploïdes doublées chez l'orge. Thèse Doct. Université de Lille. France. 166p.
- Harry M., 2001 : Génétique moléculaire et évolutive. Maloine. Paris. 15.
- Heiser, C. B. (1978b, septembre). The World's Worst Weeds : Distribution and Biology. LeRoy G. Holm, Donald L. Plucknett, Juan V. Pancho, James P. Herberger. *The Quarterly Review of Biology*, 53(3), 319-320. <https://doi.org/10.1086/410688>
- Julve, Ph., 2021 ff. - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 27 avril 2021. <https://www.tela-botanica.org/projets/phytosociologie>
- Kasha, K. J. & Sadasivaiah, R. S. (1971). Genome relationships between *Hordeum vulgare* L. and *H. bulbosum* L. *Chromosoma*, 35(3), 264-287. <https://doi.org/10.1007/bf00326278>

- Klug C., Bruhwiler T., Orn D., Schweigert G., Brayard A. , Tilsleyamonoid J.; .2007. Sell structures of primary organic composition. *Palaeontology*. Volume 50, Issue 6, pages 1463–1478.
- Lazaros A. SYMEONIDIS, Michael B. MOUSTAKAS and Helli D. COUCOLI.; 1984 *Phyton* (Austria) Vol. 25 ;issue 1 ;pages 31-38.
- BOTHMER R. VON, JACOBSEN N. & JÖRGENSEN R. 1981. Phylogeny and taxonomy in the genus *Hordeum*. — *Barley Genetics IV*: 13—21
- James A. Duke. 1983. *Handbook of Energy Crops*. unpublished.
- Lemonde A., Clément D., 1983. *Biologie cellulaire et moléculaire*. Presses Université Laval. Paris. Pp 396-398.
- Lemonde A., Clément D., 1983. *Biologie cellulaire et moléculaire*. Presses Université Laval. Paris. Pp 396-398.
- George Y.,1999.Flora of Missouri*. Missouri botanical garden p15-24
- Michel V., 2008. *Les êtres humains – une structure identique pour tous*. Masson. Paris. p15.
- Piperno, D. R. & Sues, H. D. (2005, 18 novembre). Dinosaurs Dined on Grass. *Science*, 310(5751), 1126-1128. <https://doi.org/10.1126/science.112102>
- Schubert, V., Ruban, A. & Houben, A. (2016, 15 février). Chromatin Ring Formation at Plant Centromeres. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00028>
- Siljak-Yakovlev S., 1986. *Etude cytogénétique et palynologique de compositae endémiques ou relique de la flore yougoslave*. Thèse de doctorat. Université Paris-Sud. Pp 77-217.
- Kent and Evers , 1994. *Technology of Cereals*. *Google Books*. Consulté le 13 septembre 2022, à l'adresse https://books.google.nl/books?id=wUwHtcqoP0YC&printsec=frontcover&redir_esc=y

-Feulgen, R., Rossenbeck, H., 1924. Mikroskopisch-chemischer Nachweis einer Nucleinsäure vom Typus des Thymonucleinsäure und die darauf beruhende elektive

-White, F. 1983. The Vegetation of Africa; a descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. Natural Resources Research Series, XX. Paris, France: UNESCO. 356 p.

RÉSUMÉ

La cytogénétique permet une vision morphologique de la cellule en métaphase qui rend possible le dénombrement des chromosomes et l'établissement des caryotypes et idiogrammes.

Cette étude a porté sur genre *Hordeum*, *Hordeum vulgare* L.. Nous avons appliqué la technique de Feulgen afin de déterminer le nombre chromosomique et établir son caryotype.

Les résultats concordent avec ceux obtenus par plusieurs auteurs et confirment que l'espèce étudiée *Hordeum vulgare* L. présente un nombre chromosomique diploïde ($2n= 2x = 14$ chromosomes), et les chromosomes sont de type métacentrique.

Mots clés : *Hordeum vulgare* L ; chromosomes ; caryotype ; caryogramme.

ABSTRACT

Cytogenetics allows a morphological vision of the cell in metaphase which makes possible the counting of chromosomes and the establishment of karyotypes and ideograms.

Study focused of the genus *Hordeum*, *Hordeum vulgare* L. We applied the Feulgen technique to determine the chromosome number and establish their respective karyotypes.

Results agree with those obtained by several authors and confirm that the studied species *Hordeum vulgare* L. presents a diploid chromosomal number ($2n= 2x = 14$ chromosomes), and the chromosomes are the metacentric type.

Keywords: *Hordeum vulgare* L ; chromosomes; karyotype; karyogram.