



Université AbdeRahmane Mira de Béjaïa  
Faculté de Science Exacte  
Département d'Informatique



## Mémoire de Fin d'Étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Informatique

**Option : Intelligence Artificielle**

---

# Analyse des Cellules Spermatozoïdes avec les Techniques d'Intelligence Artificielle

---

*Présenté par :*

Mr. TIAB Idir

Mr. HAFSI Nabil

*Encadré par :*

Mr. BELAID Ahror

*Co-encadré par :*

Mr.

IGUEROUADA

Mokrane

*Soutenu le 02 Juillet 2023, Devant le jury composé de :*

Présidente :	Mme. ALOUI	Soraya
Examineur :	Mr. AMROUNE	Kamel
Examineur :	Mr. BOUCHEBBAH	Fatah

Promotion : 2022/2023

# Dedicace

“ Je dédie ce mémoire à la mémoire de mes chers grands-parents, **Vava Hamou** et **Yemma Wawa**, qui ont été une source d'inspiration et de sagesse tout au long de ma vie. Leur amour, leur soutien et leurs valeurs ont façonné la personne que je suis devenu. Bien que vous ne soyez plus physiquement présents, votre héritage perdure dans mon cur et guide chacune de mes actions.

*Je souhaite également dédier ce mémoire à mes parents, dont l'amour inconditionnel, le soutien constant et les sacrifices ont fait de ce parcours académique une réalité. Votre encouragement et vos conseils précieux ont été la clé de ma réussite. Je suis profondément reconnaissant d'avoir des parents aussi merveilleux et dévoués.*

*Que cette dédicace soit une humble expression de ma gratitude envers ceux qui ont contribué à mon éducation, mon épanouissement et ma réussite.*

”

***Idir Tiab***

---

“

*Mes chers parents, ma deuxième Mère **Megdouda**, et mon petit frère **Samir**. À travers ces lignes, je souhaite exprimer toute ma gratitude envers vous pour votre soutien inconditionnel et votre amour indéfectible. Vous avez toujours été mes piliers, ma source de motivation et ma raison de vivre. Aujourd'hui, alors que je termine ce travail, mon plus grand désir est de vous rendre fiers et heureux.*

*Grand-père **Djedi Said**, tu as été le modèle d'un homme de principe pour moi. Ta sagesse et tes conseils avisés ont toujours été de guidance dans ma vie. Grand-mère **Mimmi Ferroudja**, ton amour, ta tendresse, et ta bienveillance infinie ont illuminé ma vie. Que cette dédicace témoigne de mon amour éternel et de ma reconnaissance profonde envers vous deux.*

*Mes amis que je considère comme des frères et sœurs : **Micepsa, Said, Samir, Zaina, Massi, Tarik, Azzedine, Kenza, Slimane, Anis, Khaled, Idir, Mahmoud**. Au fil des années, nous avons partagé des rires, des larmes, des moments de joie et de peine. Vous avez été mes confidents, mes soutiens et mes sources inépuisables de bonheur. Votre amitié véritable et votre présence constante m'ont apporté un réconfort sans faille. Par le biais de cette dédicace, je souhaite exprimer toute ma reconnaissance envers vous, mes chers amis.*

*À travers ces mots empreints d'émotion je rends hommage à mon cher cousin défunt **Alla**, qui nous a quittés bien trop tôt. Son départ a laissé un vide immense dans ma vie, mais son souvenir restera gravé dans mon cœur à jamais. Que Dieu t'accueille dans son vaste paradis.*

*Je souhaite également dédier ce mémoire à ma famille élargie, mes oncles, tantes, cousins et cousines.*

”

**Nabil Hafsi**

# Remerciements

*Tout d'abord je remercie le bon Dieu de tout mon coeur de m'avoir donné le courage et la patience qui m'ont permis d'accomplir ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon Encadrant, le Pr. BELAID Ahror, pour sa patience, sa disponibilité et ses conseils avisés qui ont enrichi ma réflexion tout au long de ce travail. Sa guidance éclairée et son soutien constant ont été d'une valeur inestimable et ont joué un rôle essentiel dans la réussite de ce mémoire.*

*Je souhaite également remercier l'ensemble du personnel du CERIST, en particulier M. YAHLIOUI Saïd et M. Belazzougui Djamel, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur aide précieuse lors de mon stage. Leur expertise et leur soutien ont grandement contribué à l'avancement de mes recherches.*

*Je désire aussi remercier le professeur IGUEROUADA Mokrane, qui m'a beaucoup aidé dans la réussite de ce travail.*

*Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi Je remercie mes soeurs Yasmine, Imène et Aya ainsi que toute ma famille pour leurs encouragements.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude envers mes amis et camarades, Salim, Mohand et Rayane, pour leur soutien constant, leurs conseils précieux et les moments de détente partagés tout au long de ce parcours. Leurs encouragements et leur présence ont été une source de motivation essentielle dans la réalisation de ce travail.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. Votre appui, vos encouragements et votre confiance ont été d'une importance capitale.*

**Idir Tiab**

---

*Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers le Très-Haut pour m'avoir accordé le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Je souhaite adresser mes sincères remerciements à mon Encadrant, le Pr. BELAID Ahror, pour sa patience, sa disponibilité et ses conseils éclairés qui ont enrichi ma réflexion tout au long de ce travail. Sa guidance éclairée et son soutien constant ont joué un rôle essentiel dans la réussite de ce mémoire, et je lui suis infiniment reconnaissant.*

*Mes remerciements s'étendent également à l'ensemble du personnel du CERIST, en particulier à M. YAHIAOUI Saïd et M. Belazzougui Djamel, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur précieuse aide lors de mon stage. Leur expertise et leur soutien ont grandement contribué à l'avancement de mes recherches.*

*Je tiens également à exprimer ma gratitude envers le Professeur IGUEROUADA Mokrane, dont l'aide a été précieuse pour la réussite de ce travail.*

*Je remercie mes chers parents, Mon frère, mes amis ainsi que toute ma famille pour leurs soutien et encouragement.*

*Enfin j'exprime ma gratitude la plus profonde envers toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.*

***Nabil Hafsi***

# Table des matières

Dedicace . . . . .	I
Remerciements . . . . .	III
Abstract . . . . .	V
Résumé . . . . .	VI
Introduction Générale . . . . .	1
<b>1 Traitement d'image microscopique . . . . .</b>	<b>4</b>
1.1 Les fondamentaux de la microscopie . . . . .	5
1.1.1 Le microscope . . . . .	5
1.1.2 Les composants de base d'un microscope . . . . .	5
1.1.3 Origine du microscope . . . . .	6
1.1.4 Types de microscope . . . . .	6
1.2 Numérisation de l'image microscopique . . . . .	7
1.2.1 Image optique . . . . .	7
1.2.2 Image numérique . . . . .	8
1.2.3 De l'image optique à l'image numérique . . . . .	8
1.2.4 Déterminants fondamentaux de la qualité de l'image microscopique	10
1.2.5 Règles pour éviter les facteurs qui affectent le système de numérisation . . . . .	11
1.3 Technique de traitement d'images de microscope . . . . .	12
1.3.1 Amélioration de l'image microscopique . . . . .	12
1.3.2 Traitement d'images par Ondellette . . . . .	15
1.3.3 Segmentation . . . . .	16
1.3.4 Mesure de l'objet . . . . .	19
1.3.5 Classification des objets . . . . .	19
1.4 Deep learning dans l'analyse d'images microscopiques . . . . .	19
1.4.1 Amélioration de l'analyse microscopique par le deep learning . . . . .	20
1.4.2 Classification basée sur le Deep learning . . . . .	22
1.4.3 Détection d'objet . . . . .	23
1.4.4 Suivi d'objet . . . . .	23
1.5 Conclusion . . . . .	24
<b>2 Analyse des cellules spermatiques . . . . .</b>	<b>25</b>
2.1 Les spermatozoïdes . . . . .	26
2.1.1 Discription morphologique . . . . .	26

2.1.2	Spermatogenèse : processus de production des spermatozoïdes . . . . .	27
2.1.3	Maturation des spermatozoïdes dans l'épididyme . . . . .	27
2.2	Reproduction et sélection génétique . . . . .	28
2.2.1	Utilisation du sperme pour l'insémination artificielle . . . . .	28
2.2.2	Élevage sélectif et amélioration des caractères génétiques . . . . .	29
2.3	Analyse Manuelle du sperme . . . . .	29
2.4	L'analyse du sperme assistée par ordinateur(CASA) . . . . .	30
2.4.1	Description matérielle d'un système CASA . . . . .	31
2.4.2	Historique du développement des systèmes CASA . . . . .	32
2.4.3	Paramètres spermatiques évalués par les systèmes CASA . . . . .	33
2.4.4	Principes de fonctionnement des systèmes CASA . . . . .	35
2.4.5	Systmes CASA modernes . . . . .	37
2.5	Analyse basée sur le deep learning . . . . .	39
2.6	Conclusion . . . . .	42
<b>3</b>	<b>Méthodologie approfondie . . . . .</b>	<b>43</b>
3.1	Ensemble de données et prétraitement . . . . .	44
3.1.1	Description de l'ensemble de données Multi Species Data MSD . . . . .	45
3.1.2	Processus d'annotation . . . . .	46
3.1.3	Aperçu de deux ensembles de données de sperme humain existants . . . . .	47
3.1.4	Prétraitement des données . . . . .	48
3.1.5	Utilisation du dataset public Visem-Tracking . . . . .	49
3.1.6	Division des données (splitting data) . . . . .	50
3.2	Description de la méthode proposée . . . . .	51
3.2.1	MobileNetV2 : Algorithme de classification . . . . .	52
3.2.2	YOLO : Algorithme de détection . . . . .	54
3.2.3	DeepSORT : Algorithme de suivi . . . . .	57
3.2.4	Analyse de la motilité des spermatozoïdes . . . . .	59
3.3	Conclusion . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Expériences et analyses des résultats . . . . .</b>	<b>61</b>
4.1	Environnement et outils expérimentaux . . . . .	62
4.2	Entraînement du modèle MobileNetV2 . . . . .	62
4.2.1	Analyse et discussion des résultats . . . . .	63
4.3	Entraînement et comparaison des différentes versions de YOLO . . . . .	65
4.3.1	Métrics d'évaluation . . . . .	66
4.3.2	La configuration des modèles . . . . .	67
4.3.3	Résultats expérimentaux et discussions . . . . .	67
4.4	Suivi et Analyse des échantillons . . . . .	79
4.5	Conclusion . . . . .	81
	<b>Conclusion et perspectives . . . . .</b>	<b>82</b>