

UE MLB

**Apprentissage automatique pour la
classification des spermatozoïdes dans le
cadre de la procréation médicalement assistée**

CALVEZ Louis & GOUËBAULT Maxime
Université de Rennes - Master 2 **BMC**
XX.11.2025

Contexte : La procréation médicalement assistée

- 1. Exploration du jeu de données**
- 2. Plan d'expérience**
- 3. Comparaison des modèles**
- 4. Résultats supplémentaires**

Conclusion

Contexte : La procréation médicalement assistée

- 1.Exploration du jeu de données
- 2.Plan d'expérience
- 3.Comparaison des modèles
- 4.Résultats supplémentaires

Conclusion

Contexte scientifique - La PMA

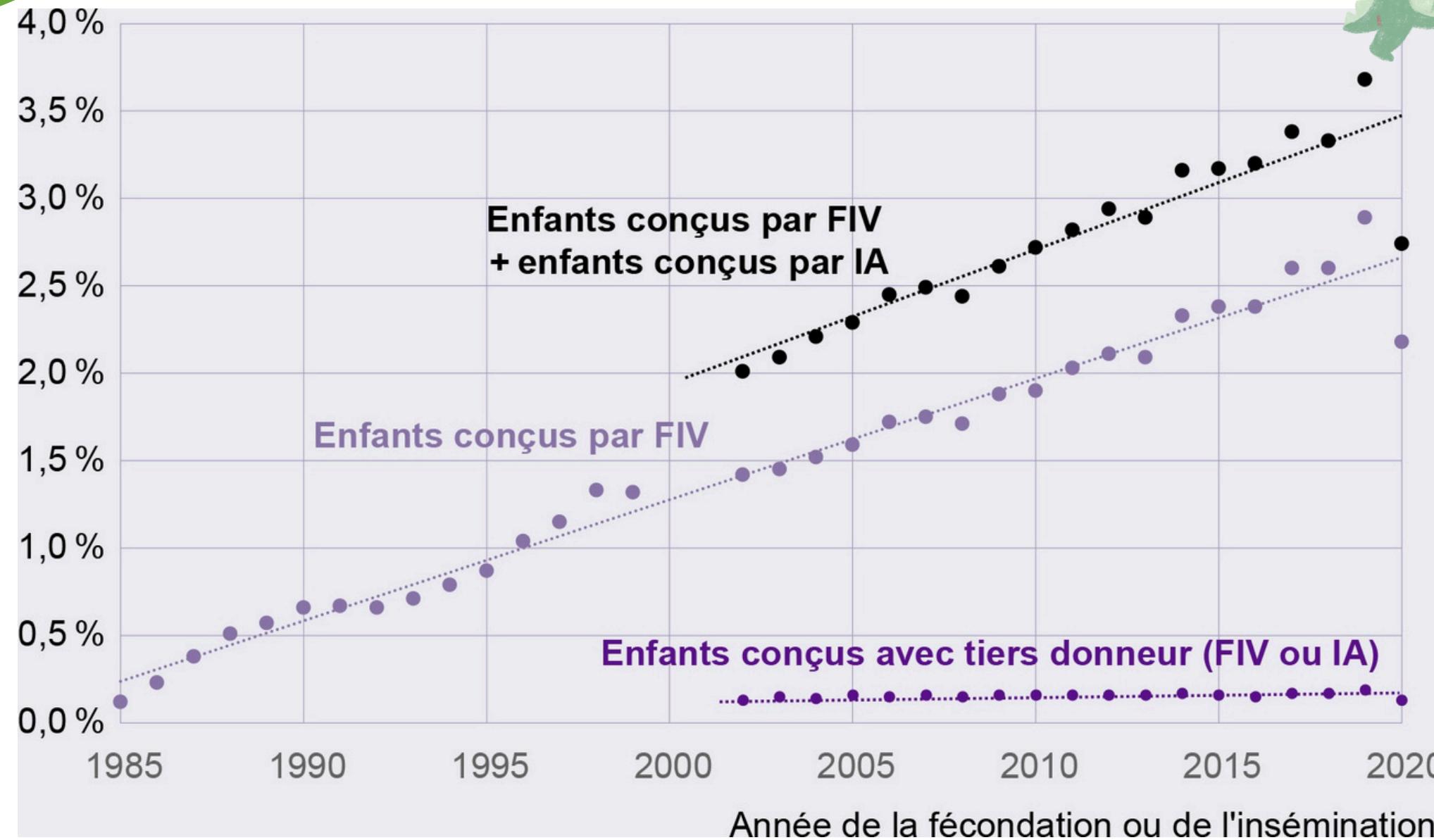


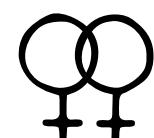
Figure 1 - Évolution de la proportion d'enfants conçus par procréation médicalement assistée (PMA) en France [1]

PMA = Procréation médicalement assistée

↳ **FIV** = fertilisation *in vitro*

IA = insémination artificielle

2021 → Loi bioéthique et accès à la PMA pour les femmes seules ou en couple !



[1] - <https://shs.cairn.info/revue-informations-sociales-2023-3-page-45?lang=fr>

Contexte scientifique - Quelques statistiques

En 2022, en France,

1 couple sur 4

est confronté à des problèmes

d'infertilité

[2]

Le nombre de demandes faites par des femmes est

7,5 fois supérieur

à celui des couples hétérosexuels [3]



96 %

des PMA sont réalisées avec
les gamètes des

deux membres

du couple (avant 2021) [3]

[2] - <https://sante.gouv.fr/ministere/documentation-et-publications-officielles/rapports/sante/article/rapport-sur-les-causes-d-infertilité-vers-une-stratégie-nationale-de-lutte>

[3] - <https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/pma-chiffres-cles.pdf>

La PMA toujours en **questionnements** :

- Couples d'hommes ? GPA ?
- Femmes sans utérus ? Utérus non apte ?
- Personnes trans
- Délais et discrimination (femmes seules)
- Renforcement des stéréotypes sur la parentalité
- etc.



**Elise de La
Rochebrochard**
(Institut National des
Études Démographiques)

Contexte scientifique - malformations

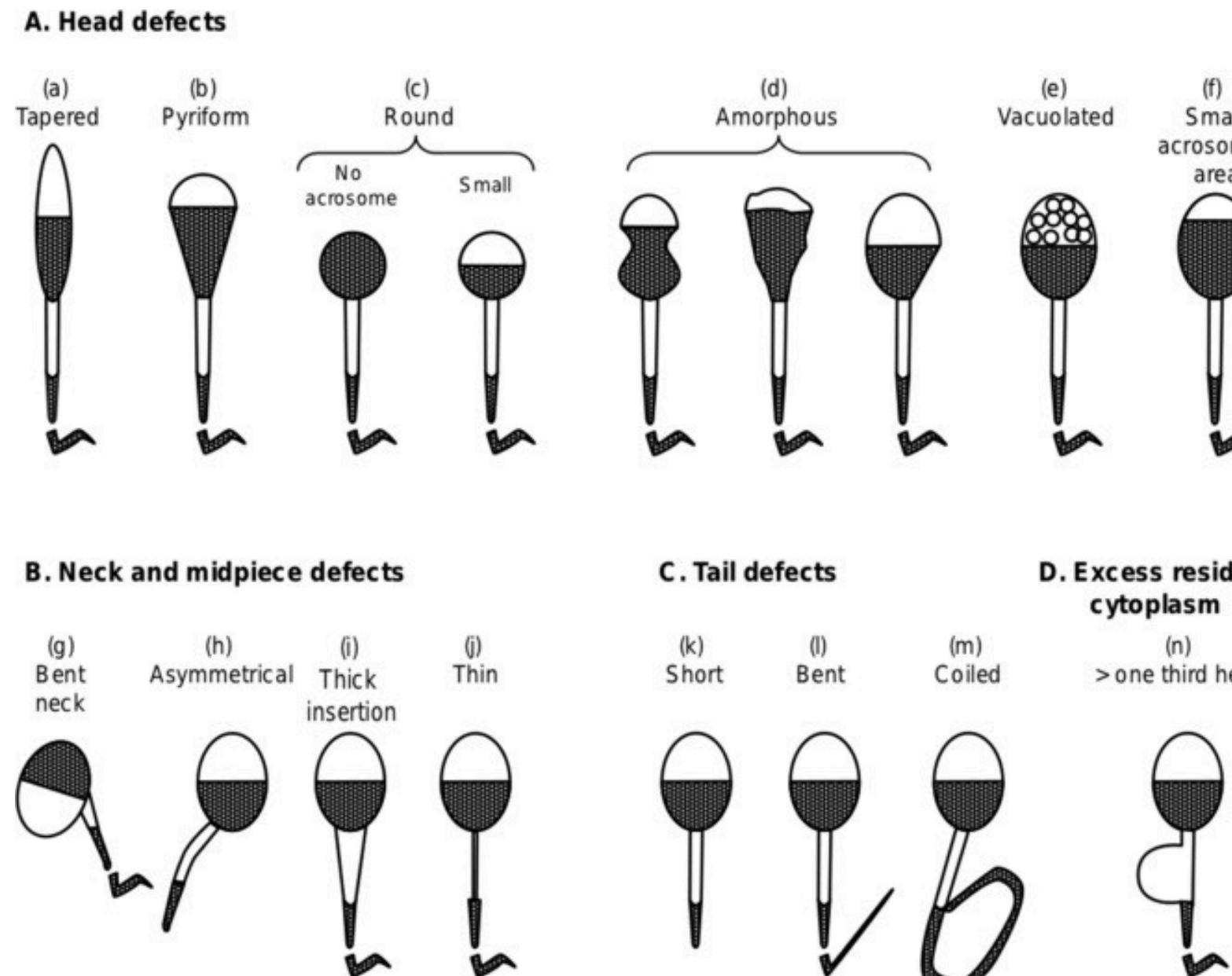


Figure 2 - Anormalités des spermatozoïdes humains [4]

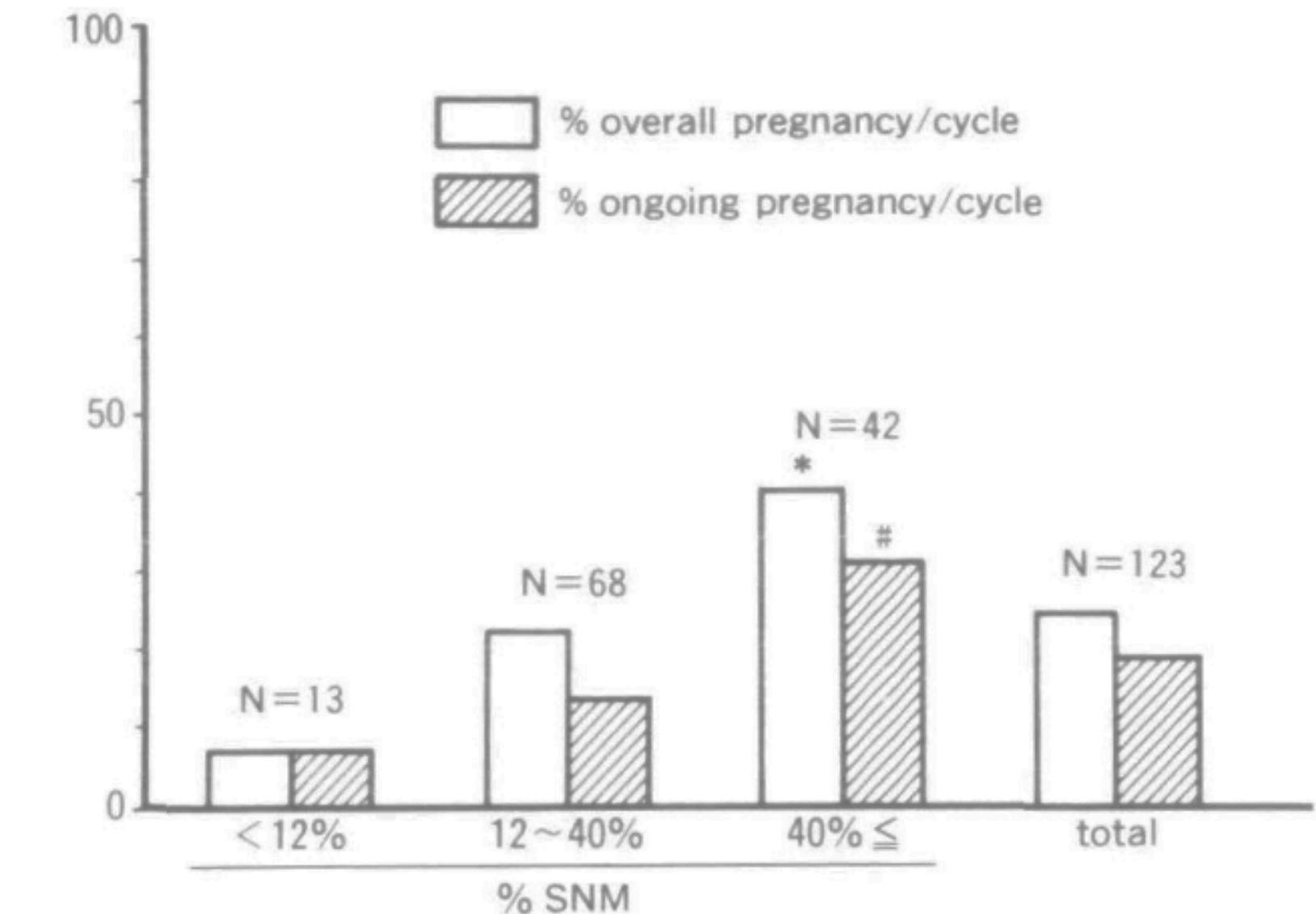


Figure 3 - Taux de grossesse par cycle de FIV en fonction de la proportion de spermatozoïdes à morphologie normale [5]

[4] - <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010482517300835#bib14>

[5] - <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.humrep.a137473>

Contexte scientifique - sélection des gamètes

The World Journal of
MEN's HEALTH



Figure 4 - Représentation des principaux systèmes d'aides d'analyse de spermatozoïdes [6]



Contexte : La procréation médicalement assistée

1. Exploration du jeu de données

2. Plan d'expérience

3. Comparaison des modèles

4. Résultats supplémentaires

Conclusion

Jeu de données - SMIDS

A fully automated hybrid human sperm detection and classification system based on mobile-net and the performance comparison with conventional methods [7]

Hamza O. Ilhan¹  · I. Onur Sigirci¹ · Gorkem Serbes^{2,3} · Nizamettin Aydin¹

Received: 24 May 2019 / Accepted: 16 December 2019

© International Federation for Medical and Biological Engineering 2020

3000 images uniques en couleurs (.bmp)
issues de 200 champs microscopiques
observés sur 17 échantillons

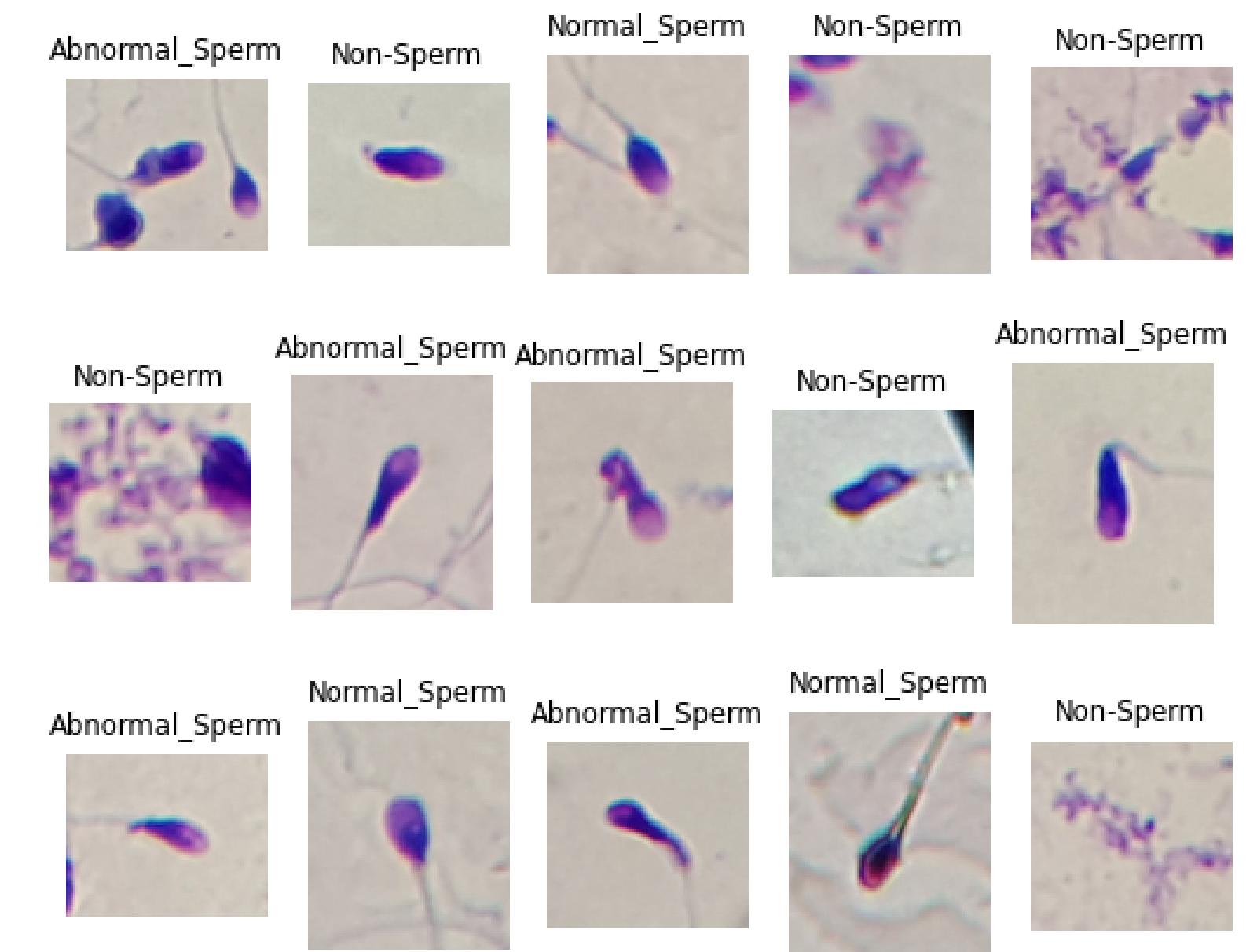


Figure 5 - Exemples d'images du jeu de données

Jeu de données - SMIDS

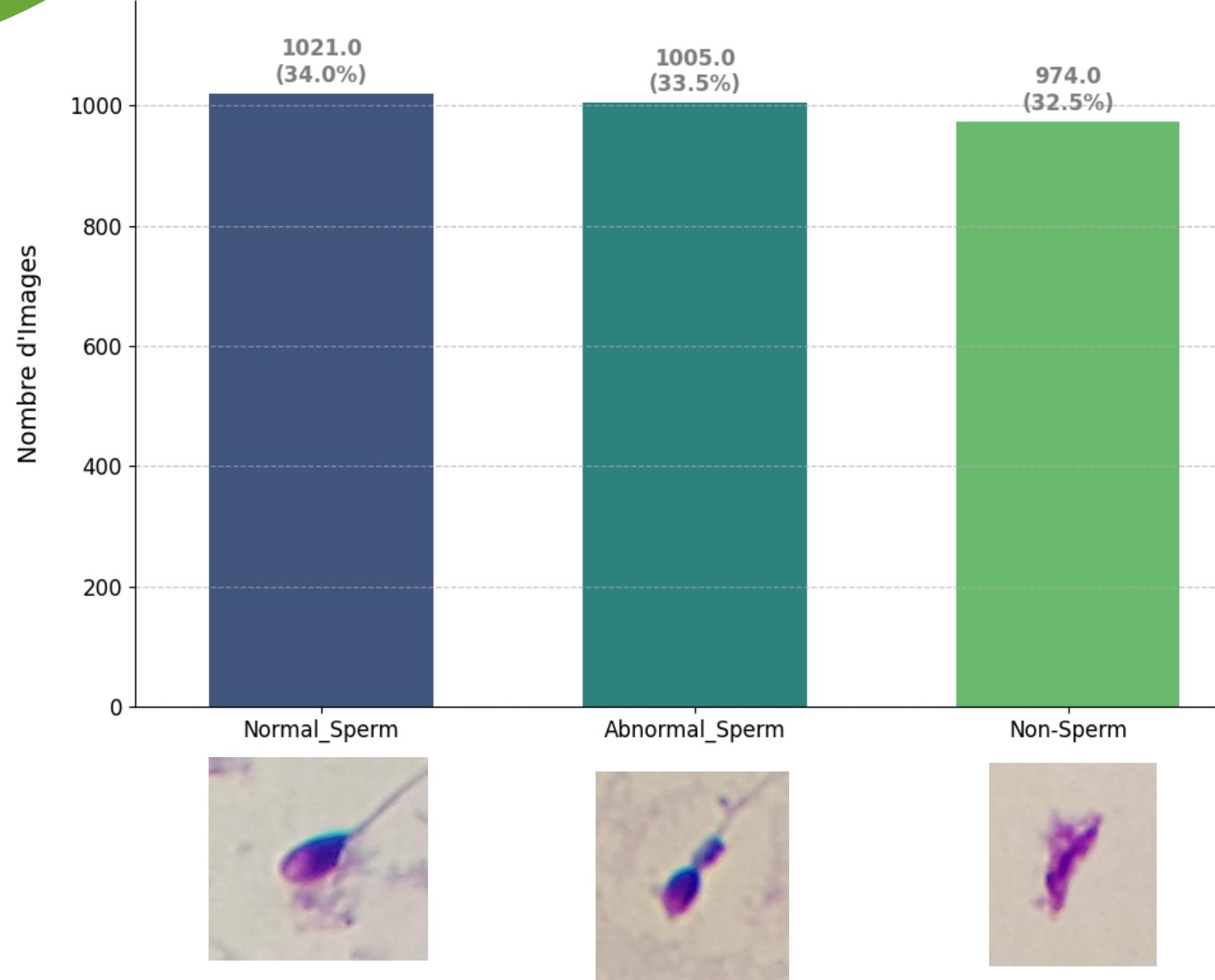


Figure 6 - Distribution des labels

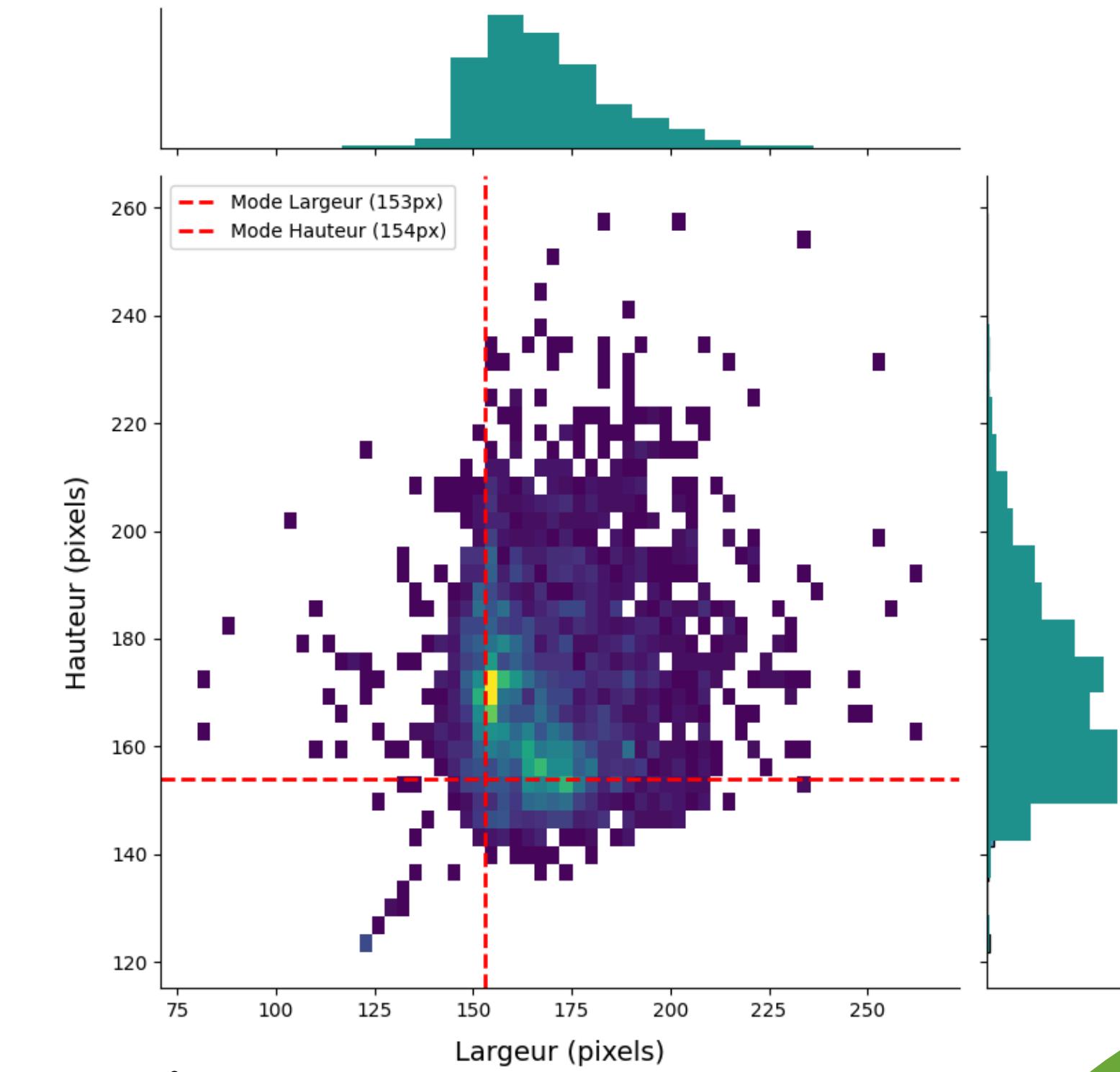


Figure 7 - Distribution des tailles des images



Contexte : La procréation médicalement assistée

1.Exploration du jeu de données

2. Plan d'expérience

3.Comparaison des modèles

4.Résultats supplémentaires

Conclusion

Plan d'expérience - Description

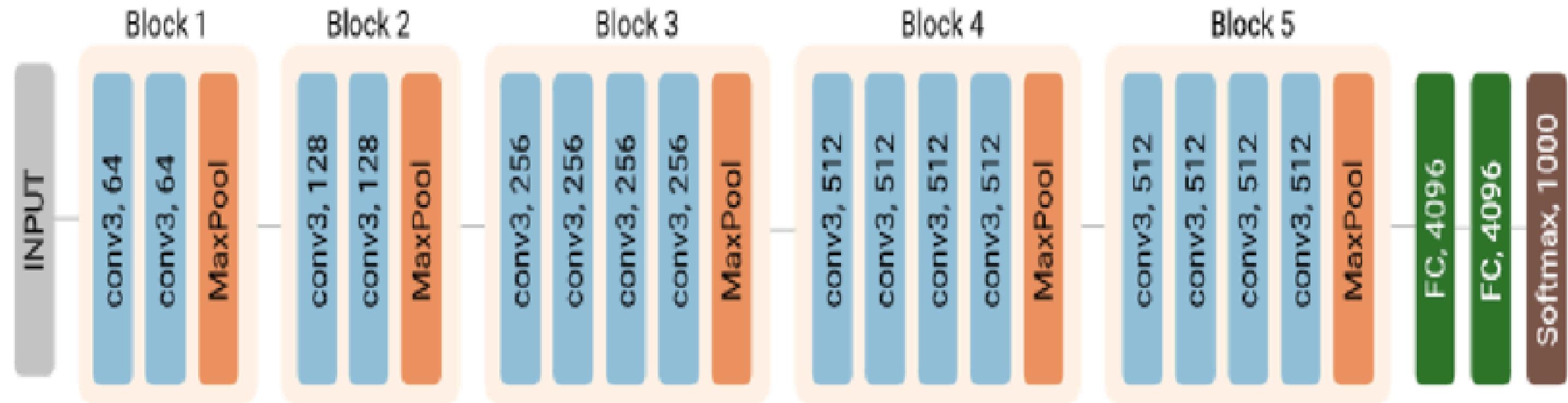


Figure 8 - Architecture du modèle "VGG19"

VGG19 :

- Entraîné en **2014**
- Environ **138 000 000** paramètres
- Entrée : **ImageNet**

[8] - <https://doi.org/10.48550/arXiv.1409.1556>

[9] - https://www.researchgate.net/figure/Block-representation-of-a-VGG19-model-architecture-with-the-ability-to-classify-1000_fig4_369249269

Plan d'expérience - Description

1. Choix de l'architecture

Nom du modèle	Canaux (gris / RGB)	Augmentation des données	Couches de dropout
A.0	gris	non	non
B.0	RGB	non	non
C.0	gris	oui	non
D.0	RGB	oui	non
E.0	gris	oui	oui
F.0	RGB	oui	oui

2. Choix des paramètres

Nom du modèle	Blocs dégelés ?	Fonction d'optimisation	taux d'apprentissage
F.0	non	ADAM	0,0001
F.1	oui	ADAM	0,0001
F.2	non	SGD	0,0001
F.3	non	ADAM	0,00001
F.4	non	ADAM	0,001

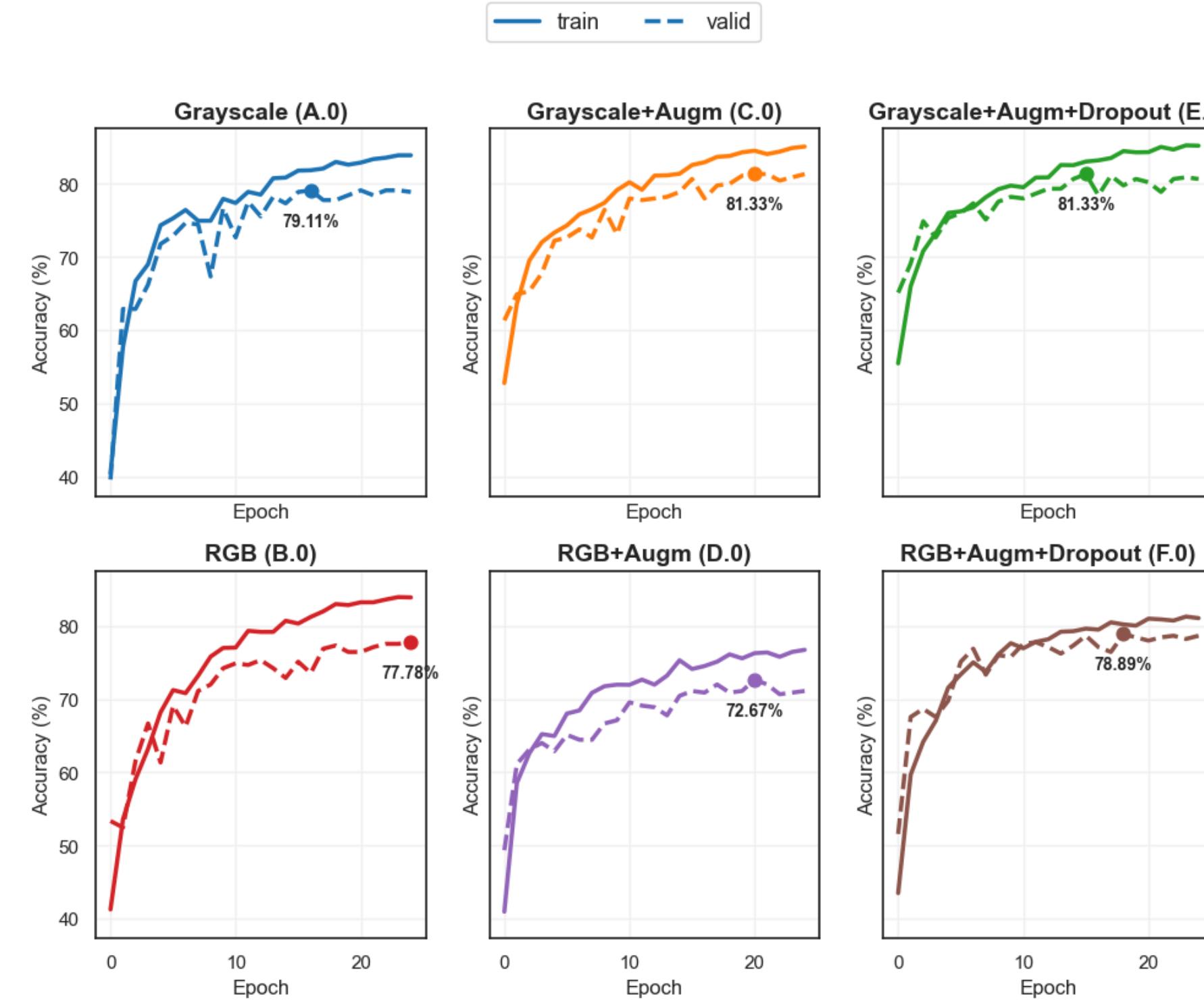


Contexte : La procréation médicalement assistée

1. Exploration du jeu de données
2. Plan d'expérience
- 3. Comparaison des architectures**
4. Résultats supplémentaires

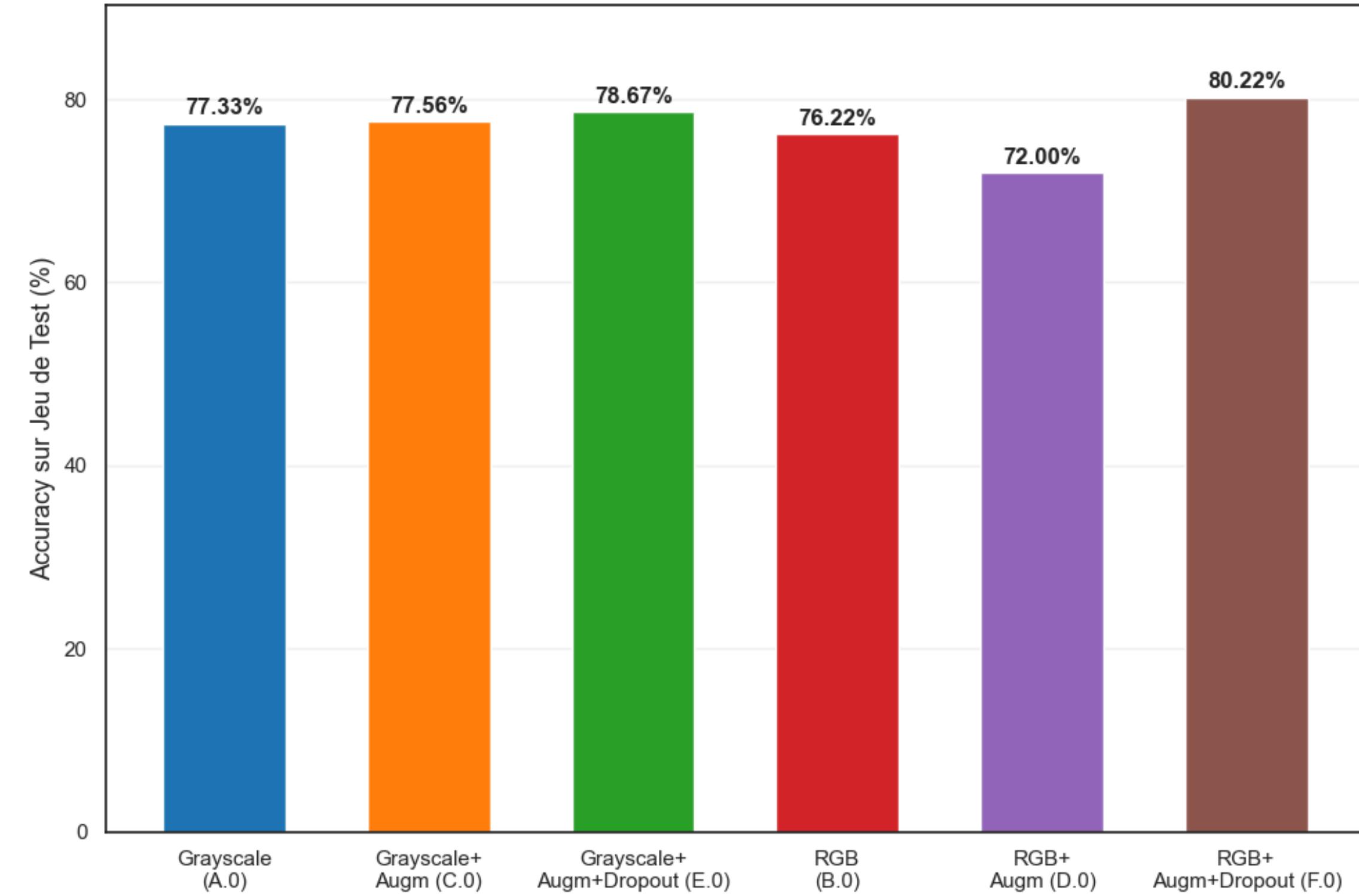
Conclusion

Résultats - Architectures



Résultats - Architectures

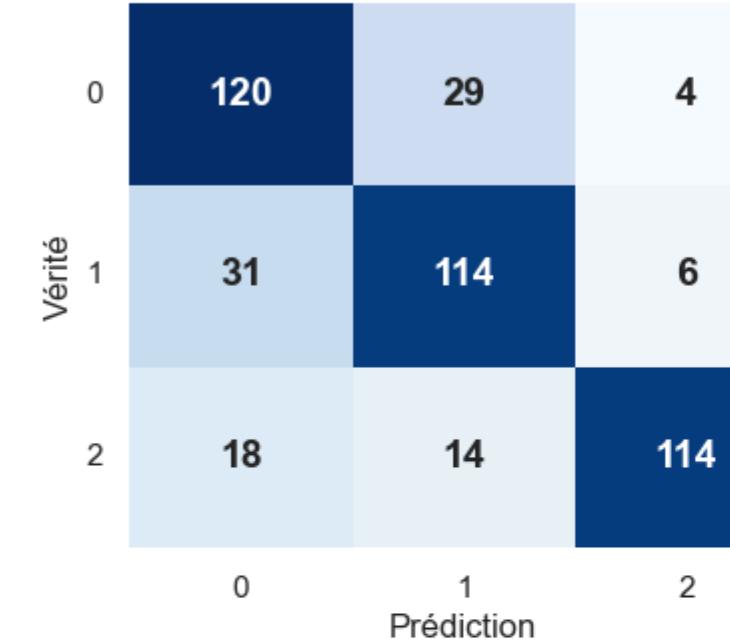
Performance Finale des Modèles



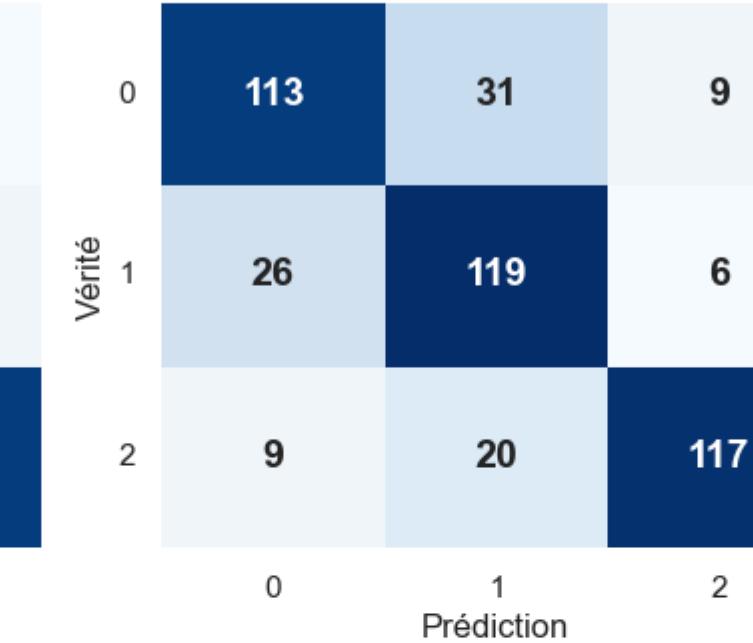
Résultats - Architectures

Matrices de confusion (jeu de test) pour chaque modèle

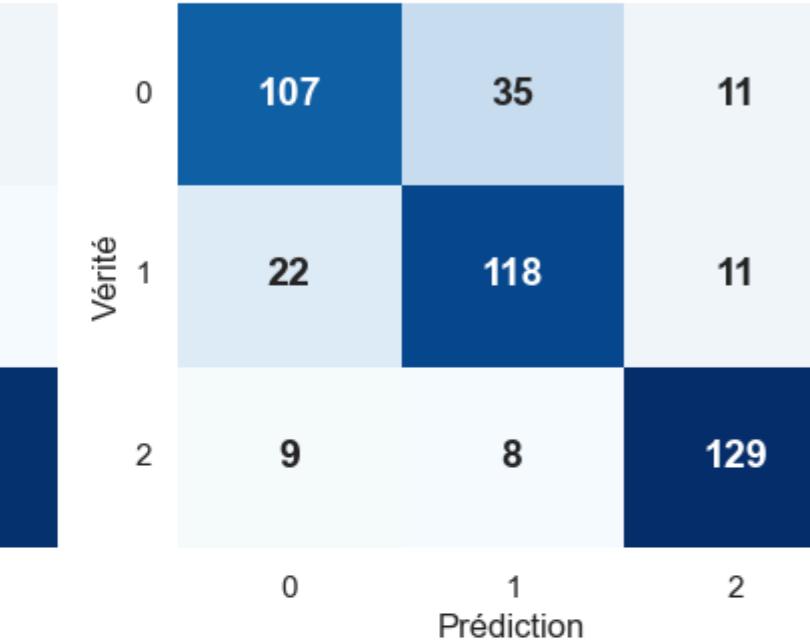
Grayscale (A.0)



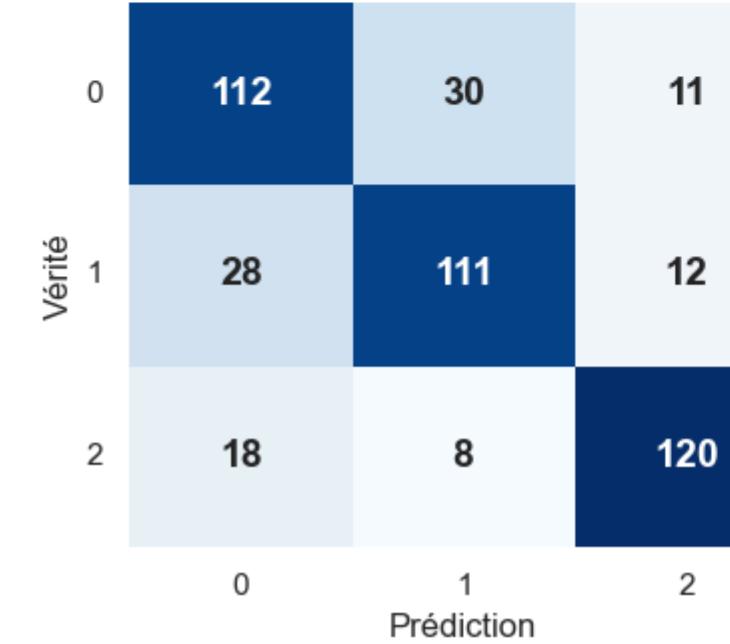
Grayscale+Augm (C.0)



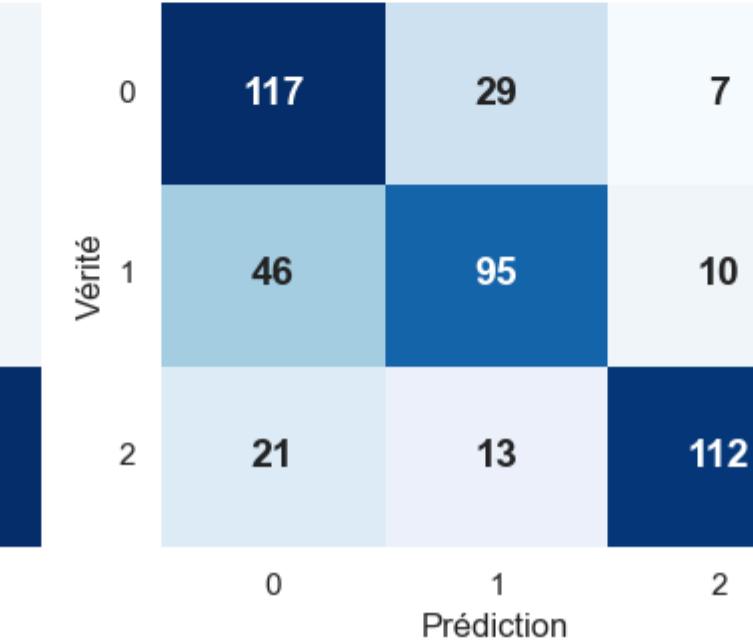
Grayscale+Augm+Dropout (E.0)



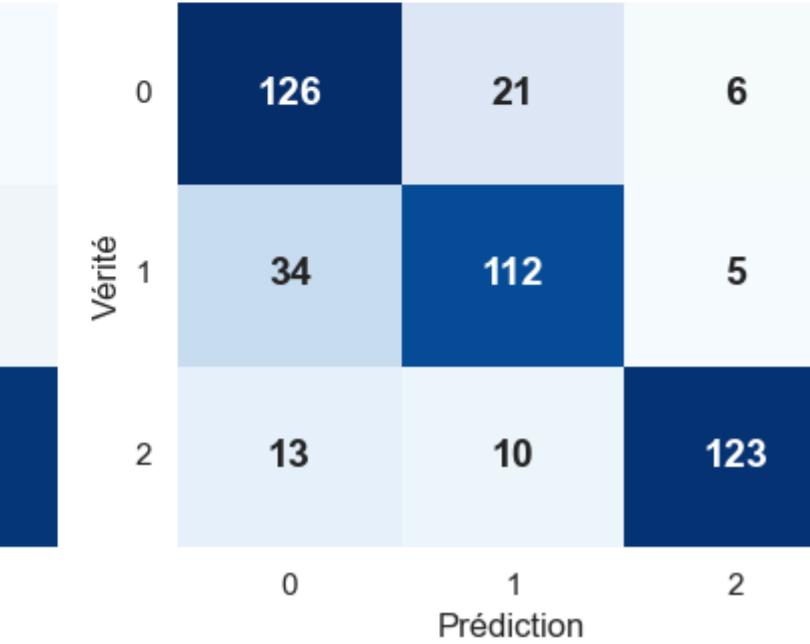
RGB (B.0)



RGB+Augm (D.0)



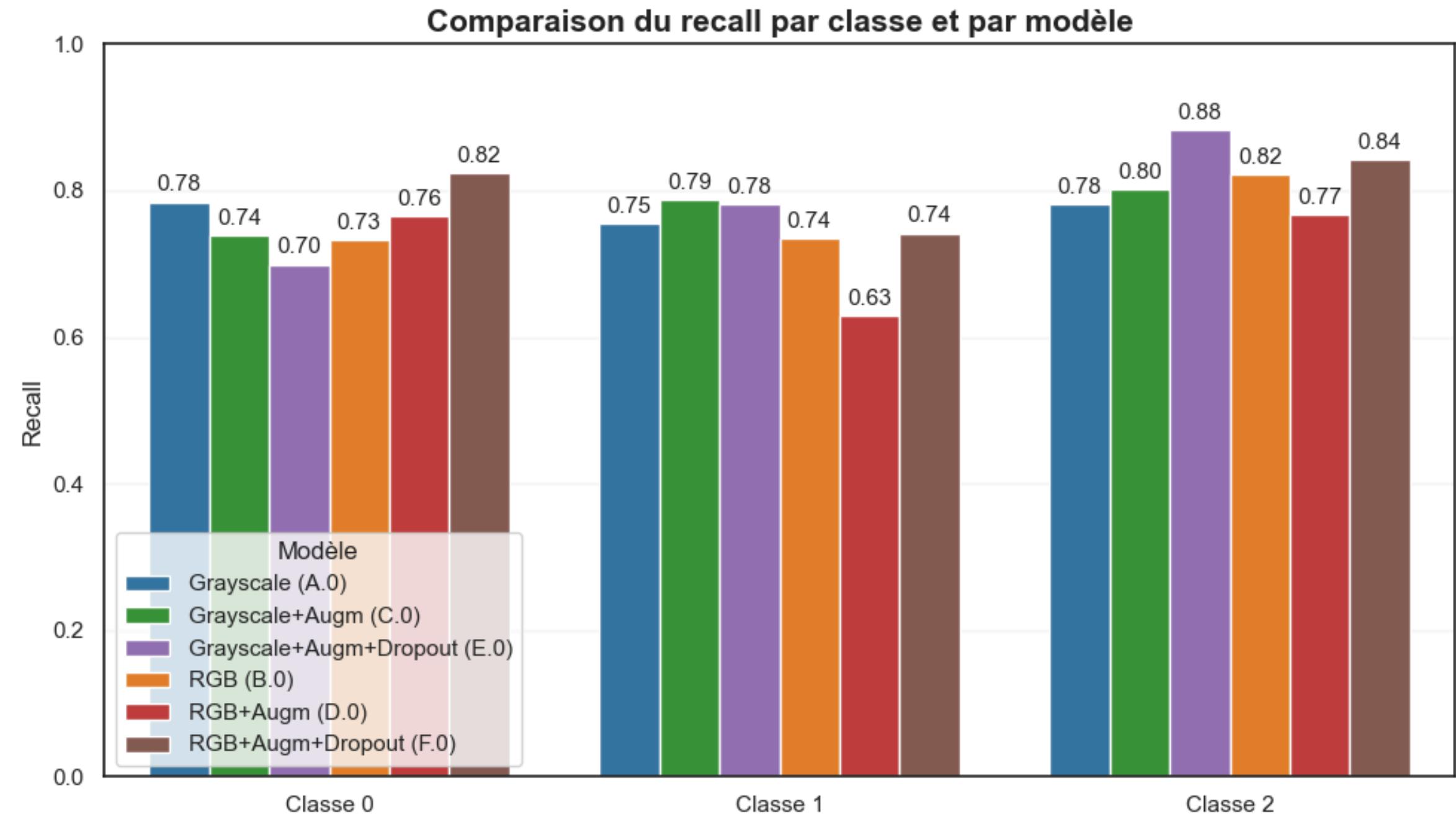
RGB+Augm+Dropout (F.0)



Résultats - Architectures

$$\text{Recul} = \frac{\text{VP}}{\text{VP} + \text{FN}}$$

"proportion de spermatozoïdes anormaux correctement identifiés parmi tous les spermatozoïdes réellement anormaux"



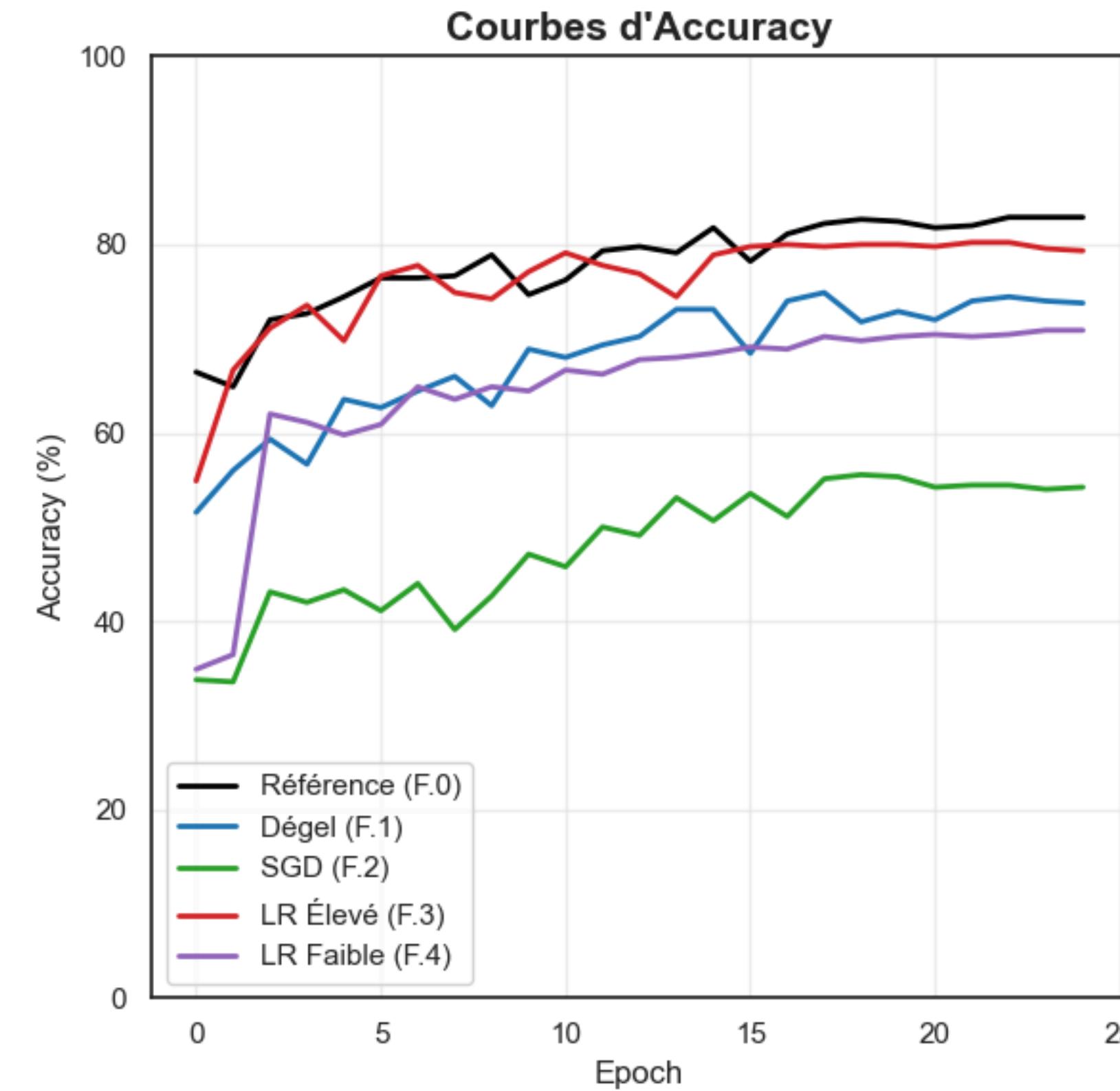


Contexte : La procréation médicalement assistée

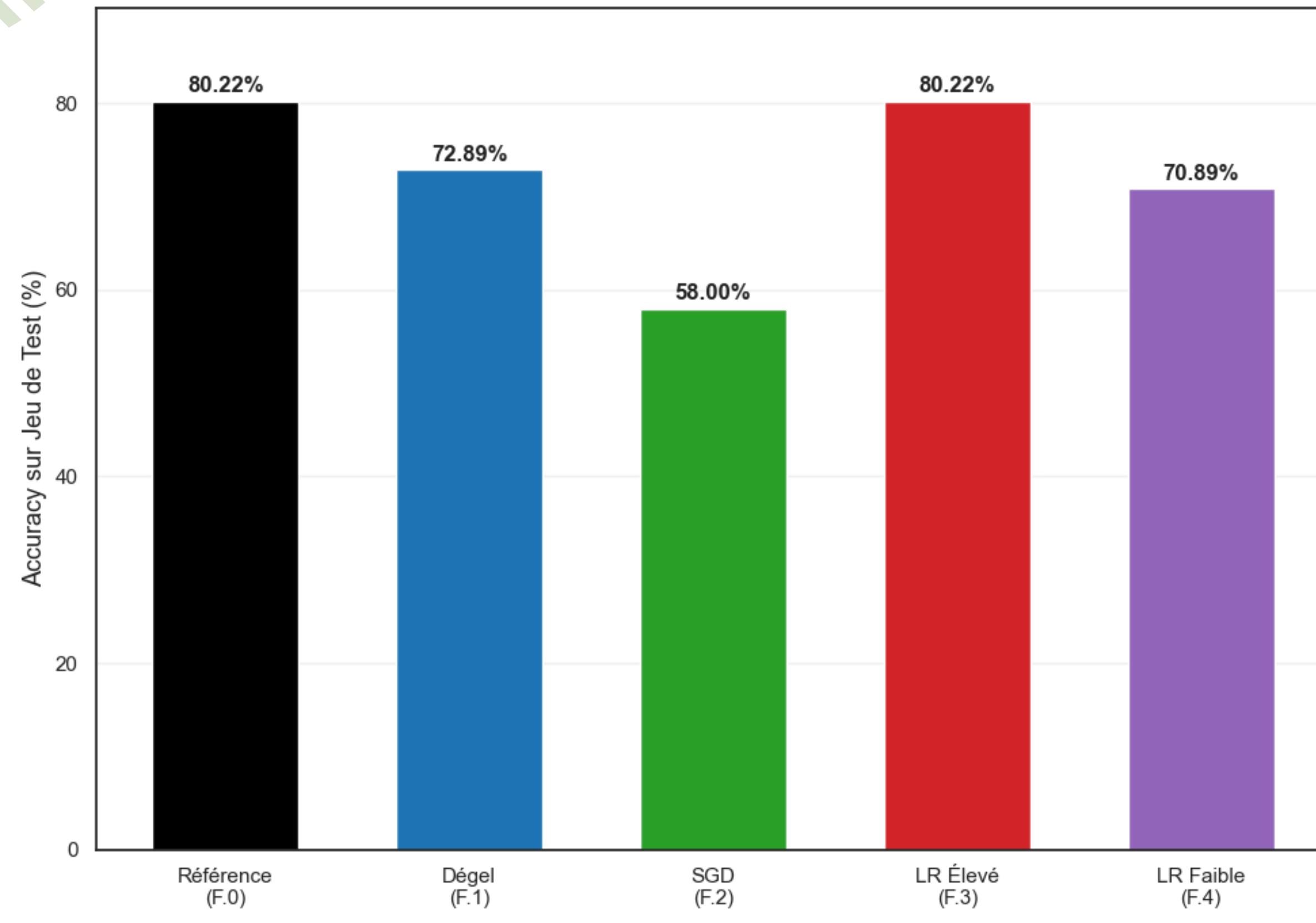
1. Exploration du jeu de données
2. Plan d'expérience
- 3. Comparaison des paramètres**
4. Résultats supplémentaires

Conclusion

Résultats - Hyperparamètres

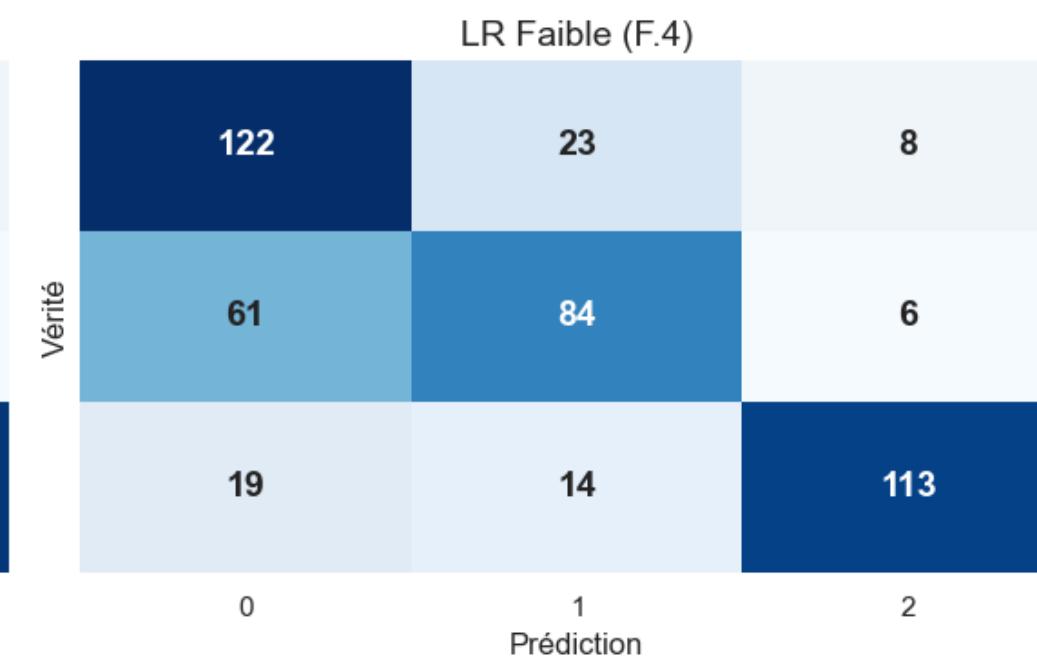
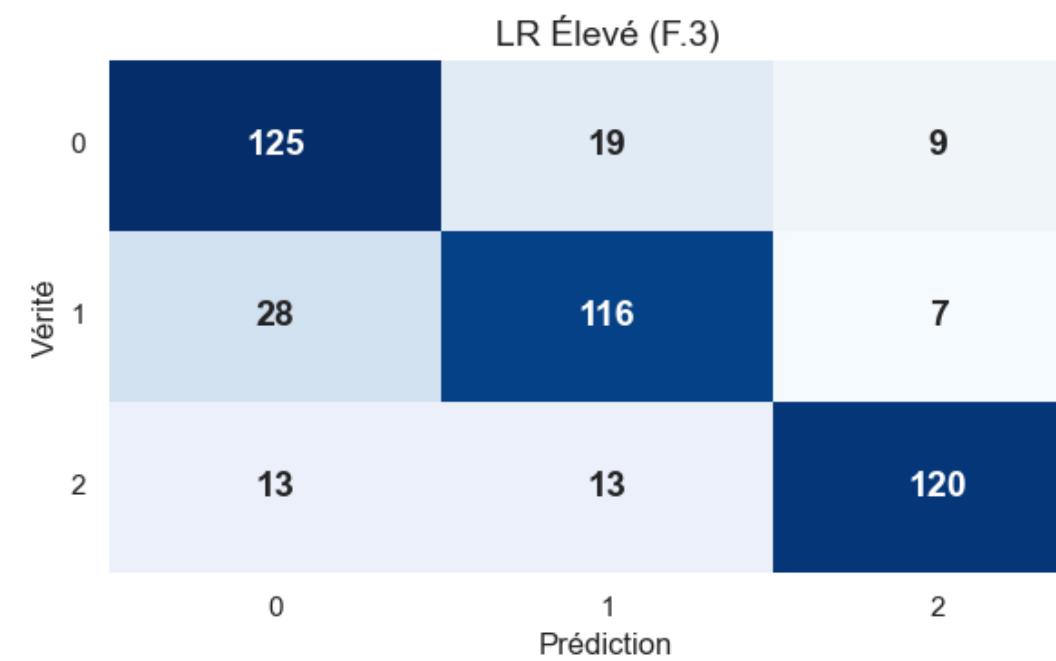
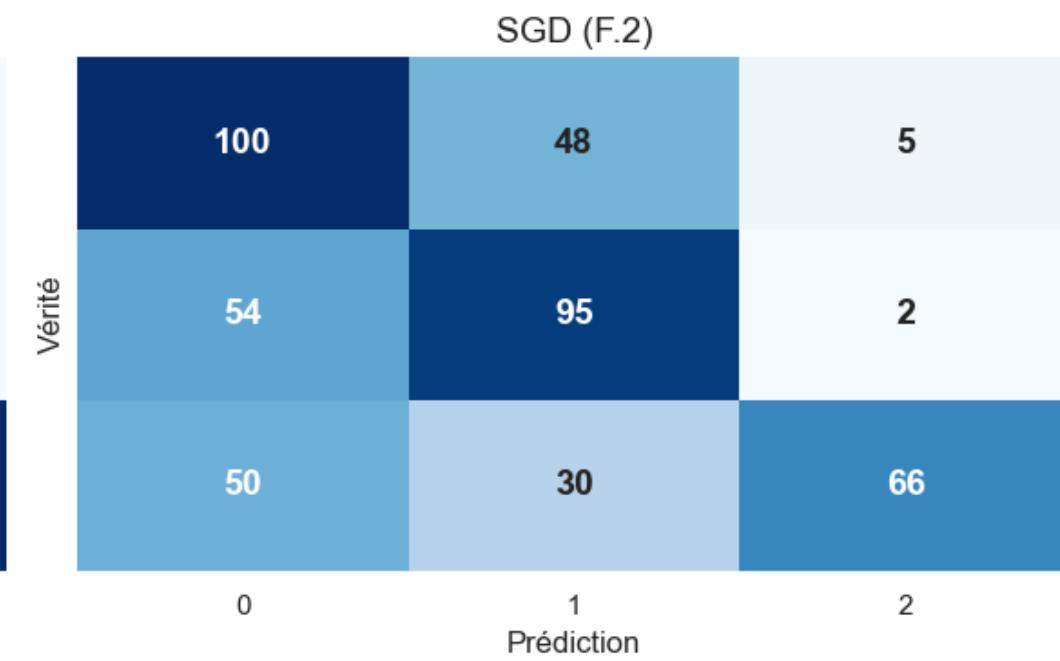
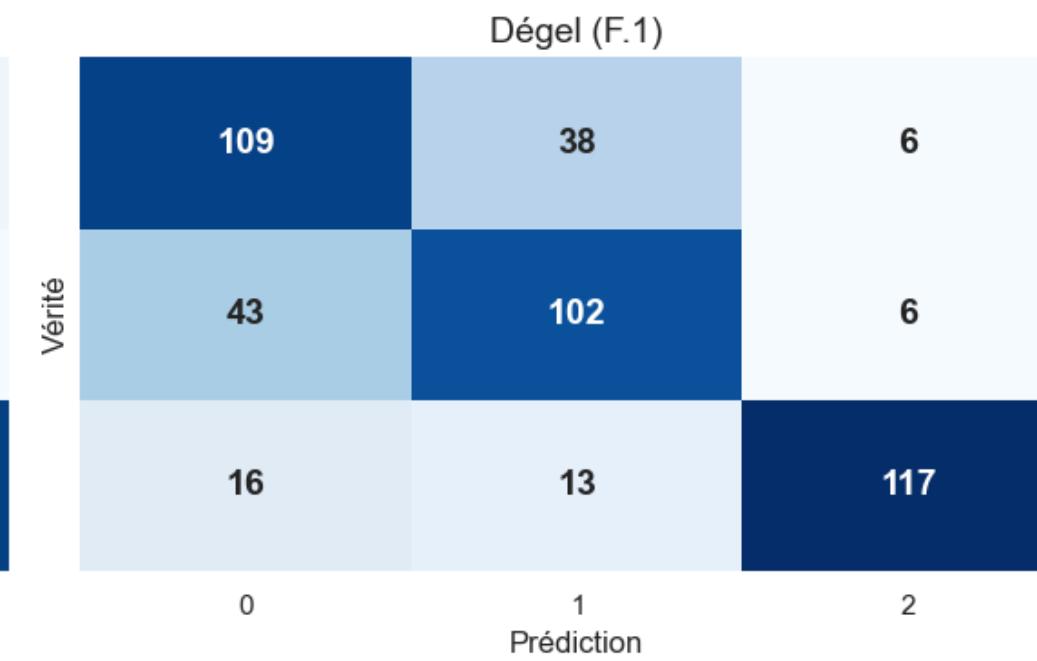
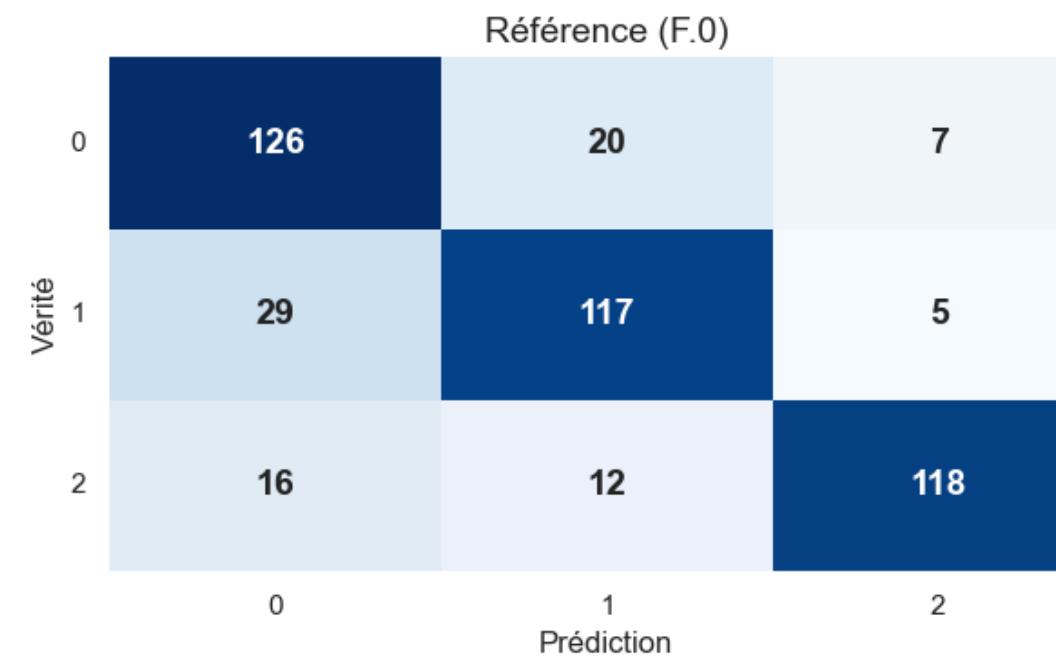


Résultats - Hyperparamètres



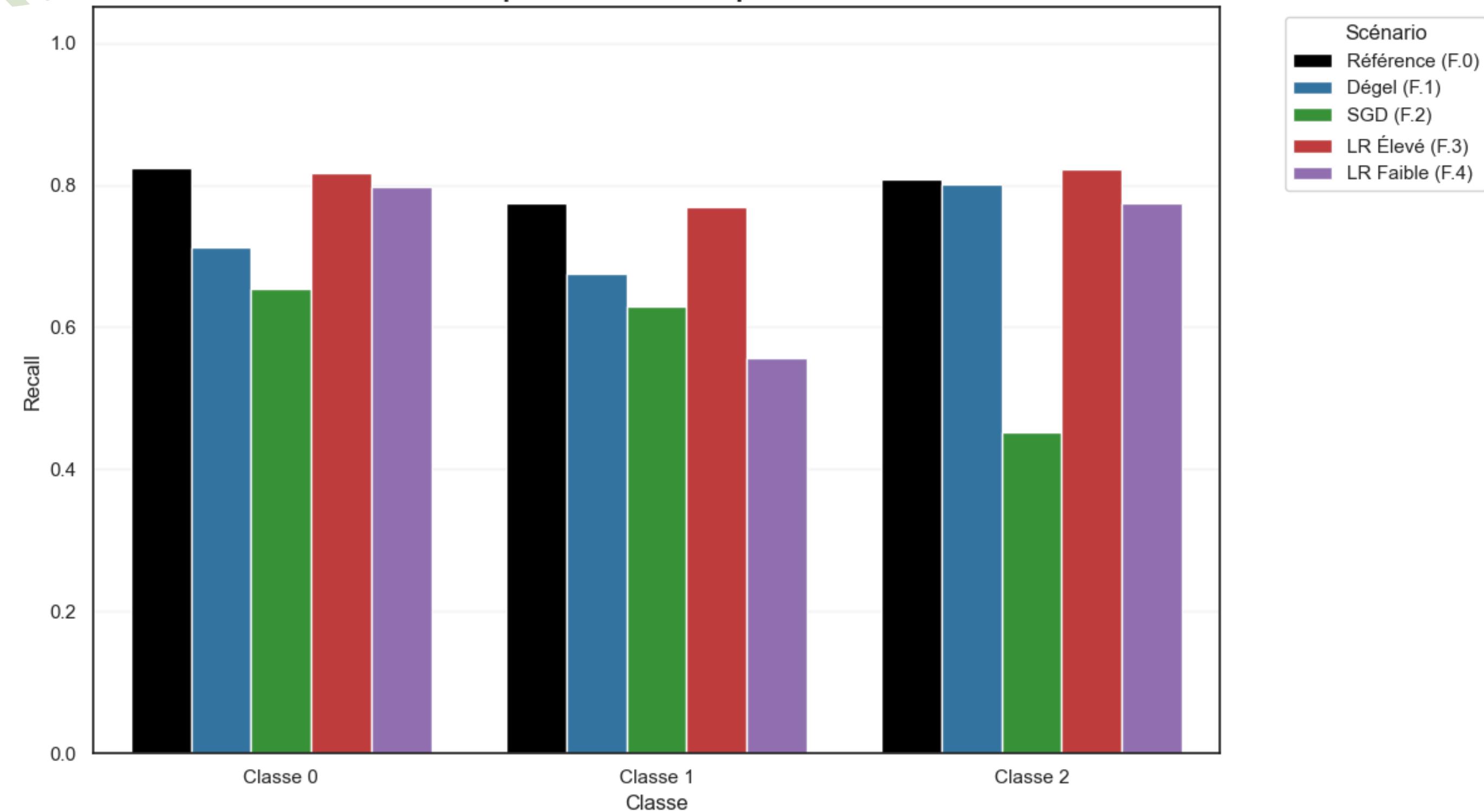
Résultats - Hyperparamètres

Matrices de Confusion (Jeu de Test)



Résultats - Architectures

Comparaison du recall par Classe



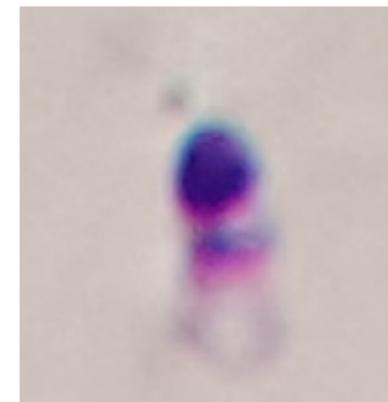


Contexte : La procréation médicalement assistée

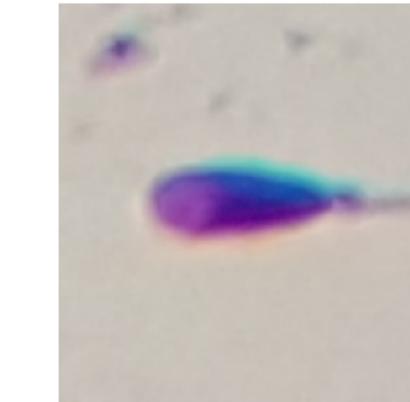
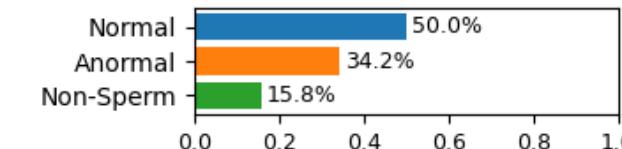
- 1.Exploration du jeu de données
- 2.Plan d'expérience
- 3.Comparaison des modèles
- 4.Résultats supplémentaires**

Conclusion

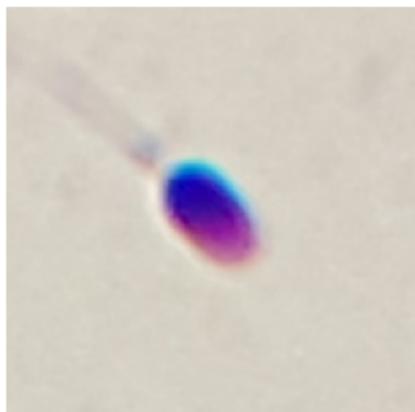
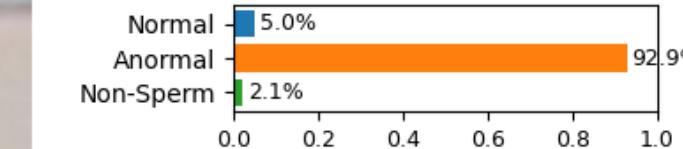
Résultats - exemples de mauvaise classification



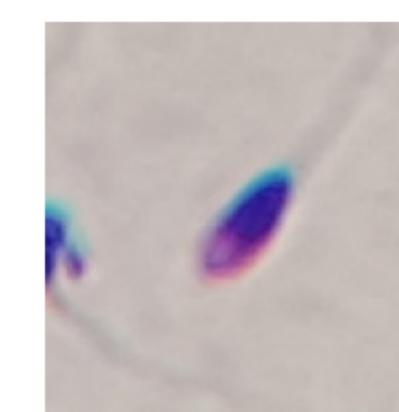
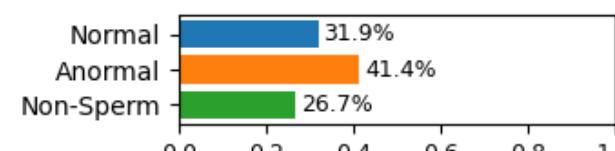
Label : Non-Sperm
Prédiction : Normal (50.04%)



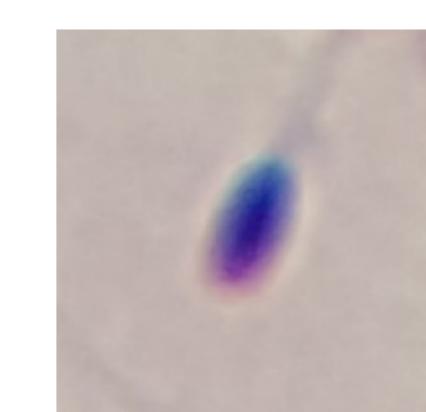
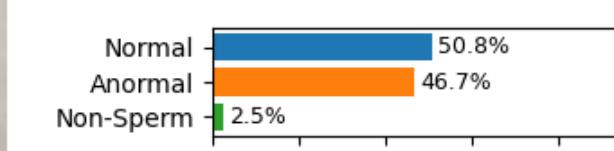
Label : Normal
Prédiction : Anormal (92.88%)



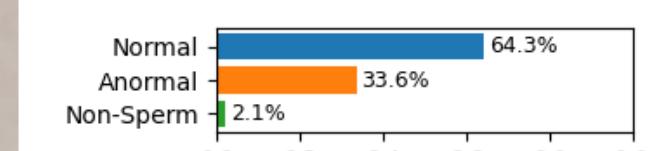
Label : Normal
Prédiction : Anormal (41.41%)



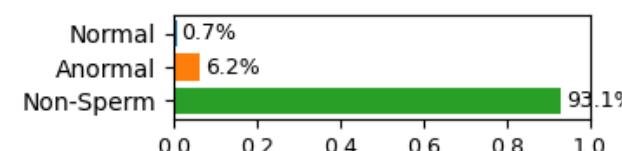
Label : Anormal
Prédiction : Normal (50.79%)



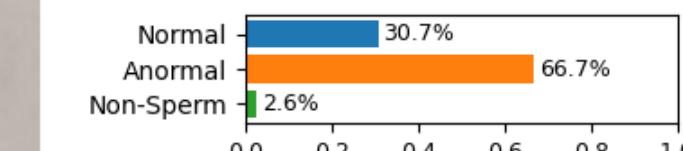
Label : Anormal
Prédiction : Normal (64.25%)



Label : Anormal
Prédiction : Non-Sperm (93.06%)



Label : Normal
Prédiction : Anormal (66.68%)

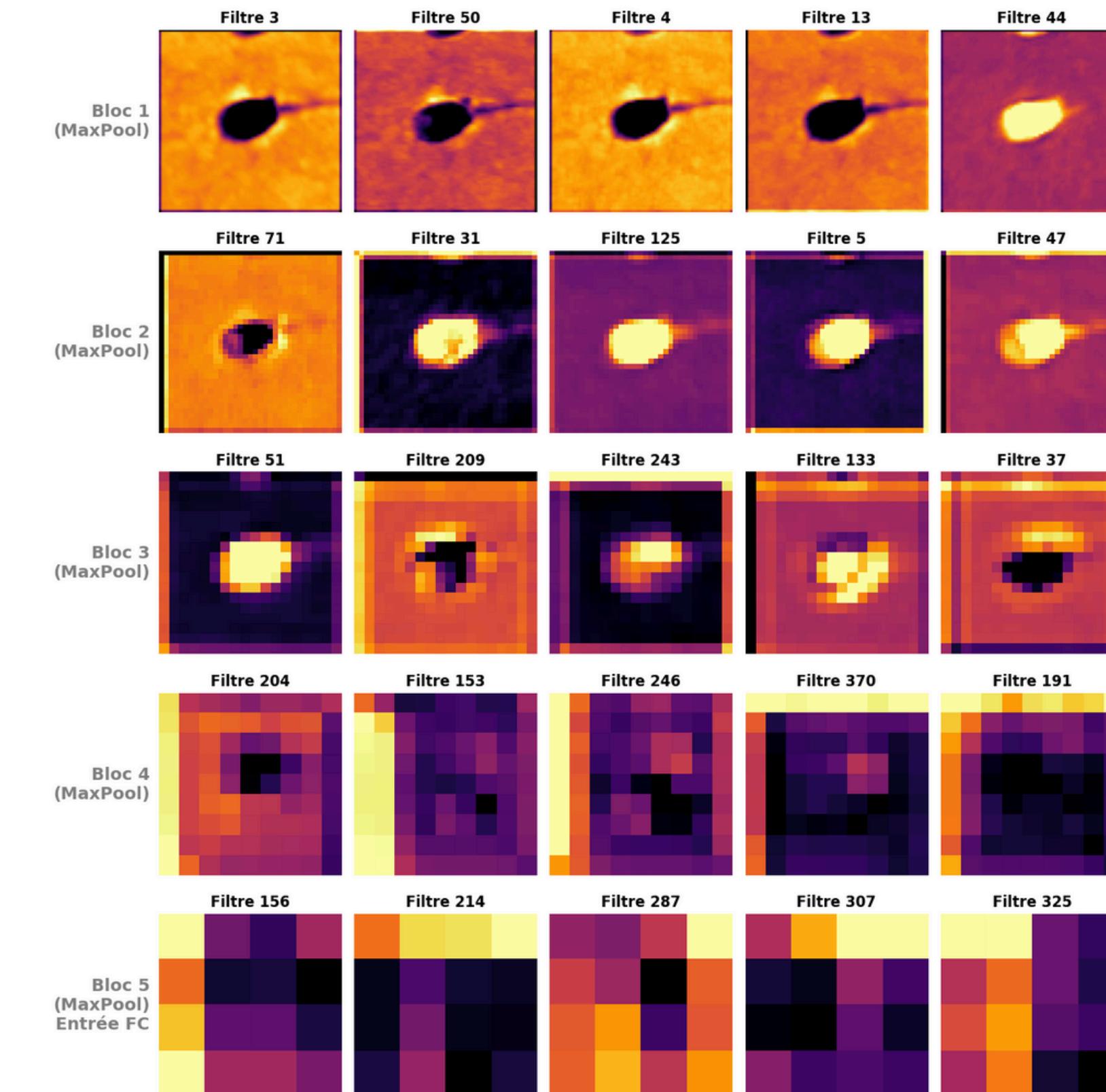
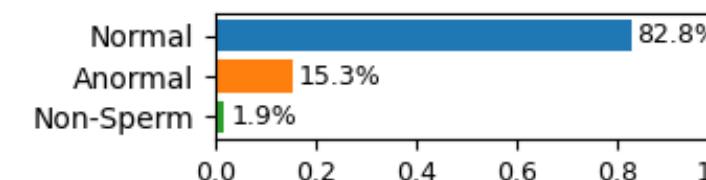


Résultats - Supplémentaires

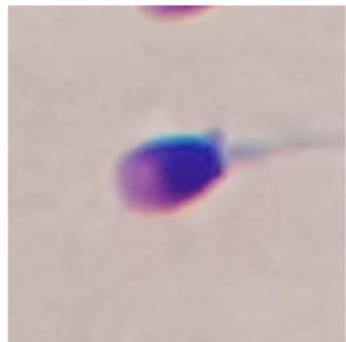


Label : Normal

Prédiction : Normal (82.82%)

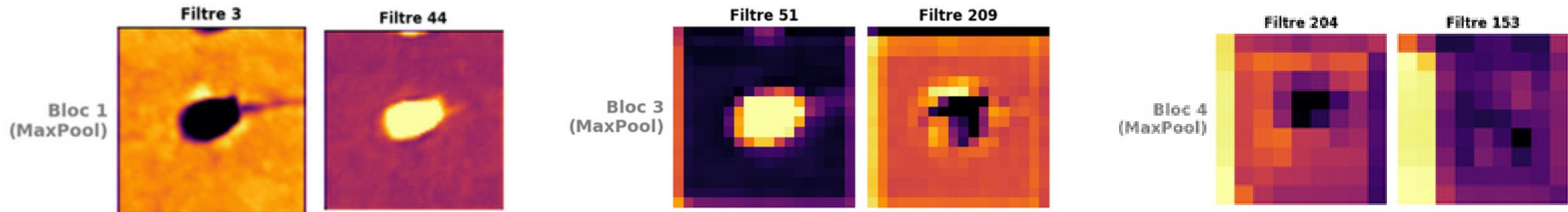


Résultats - Supplémentaires



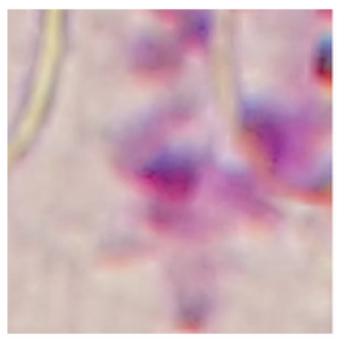
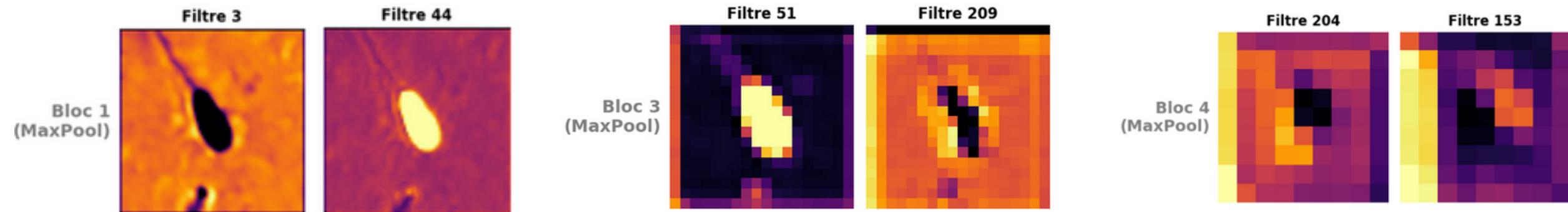
Label : Normal
Prédiction : Normal (82.82%)

Normal 82.8%
Anormal 15.3%
Non-Sperm 1.9%



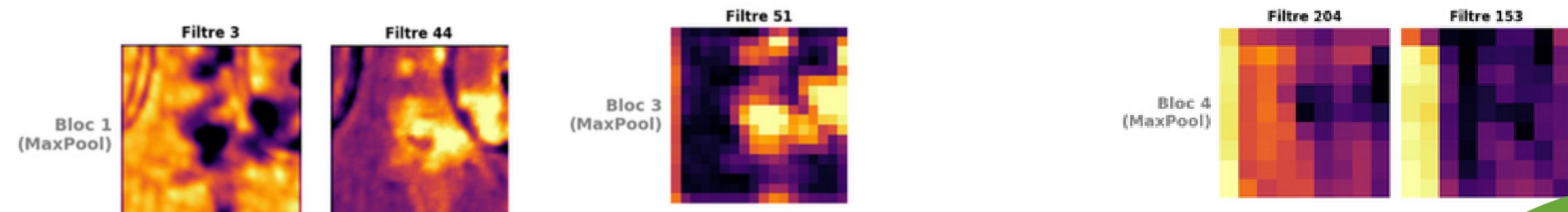
Label : Anormal
Prédiction : Anormal (73.74%)

Normal 21.7%
Anormal 73.7%
Non-Sperm 4.6%



Label : Non-Sperm
Prédiction : Non-Sperm (99.86%)

Normal 0.0%
Anormal 0.1%
Non-Sperm 99.9%





Contexte : La procréation médicalement assistée

- 1.Exploration du jeu de données**
- 2.Plan d'expérience**
- 3.Comparaison des modèles**
- 4.Résultats supplémentaires**

Conclusion

Conclusion

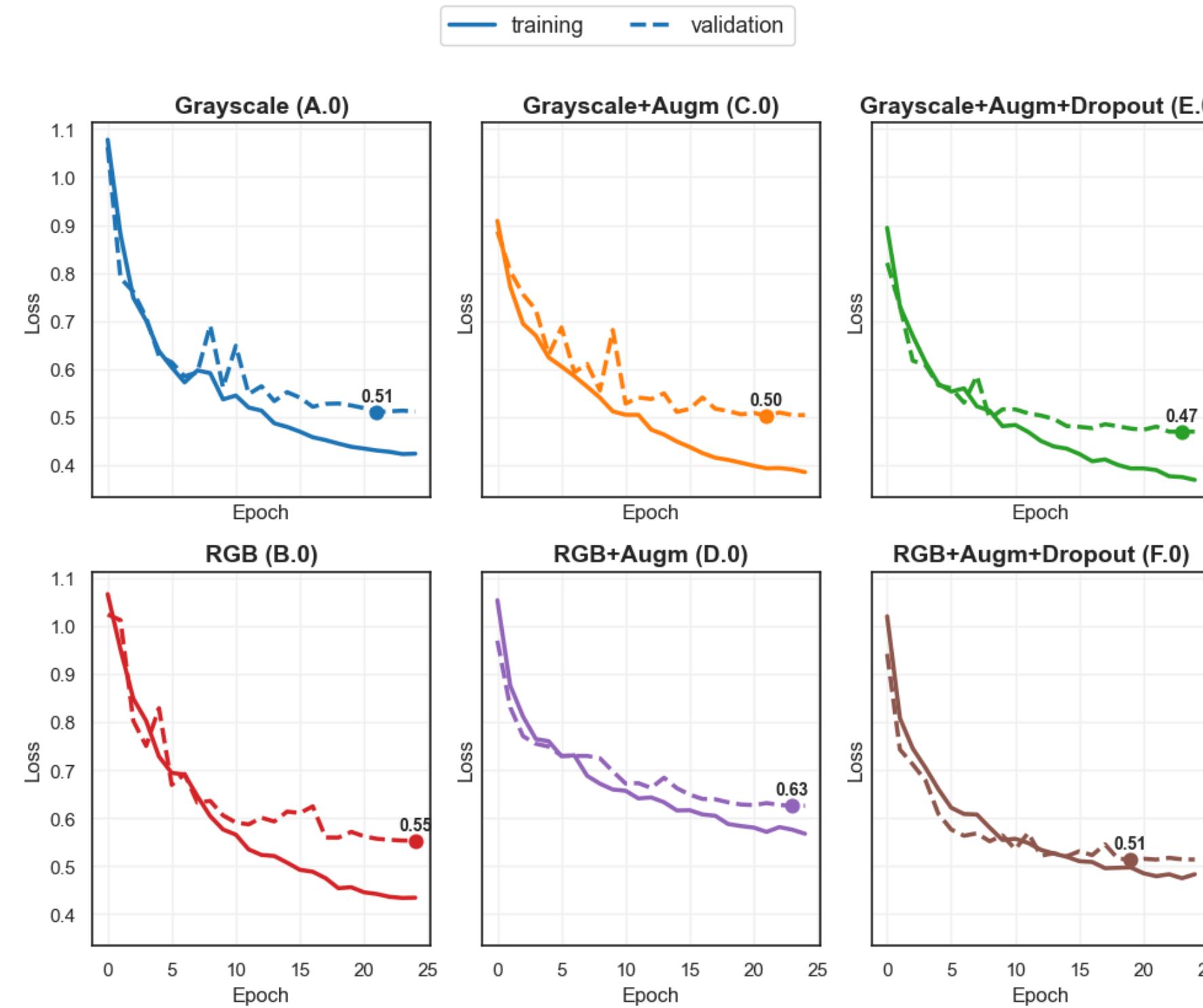
Limites du modèle :

- seulement 17 hommes qui ont visité une clinique liée à la fertilité → biais d'échantillonnage (extraction des caractéristiques)
- Peu ou pas applicable à d'autres microscopes / colorations / contextes → données hors distribution
- Pas très interprétable (comprendre les filtres ?)

Perspectives :

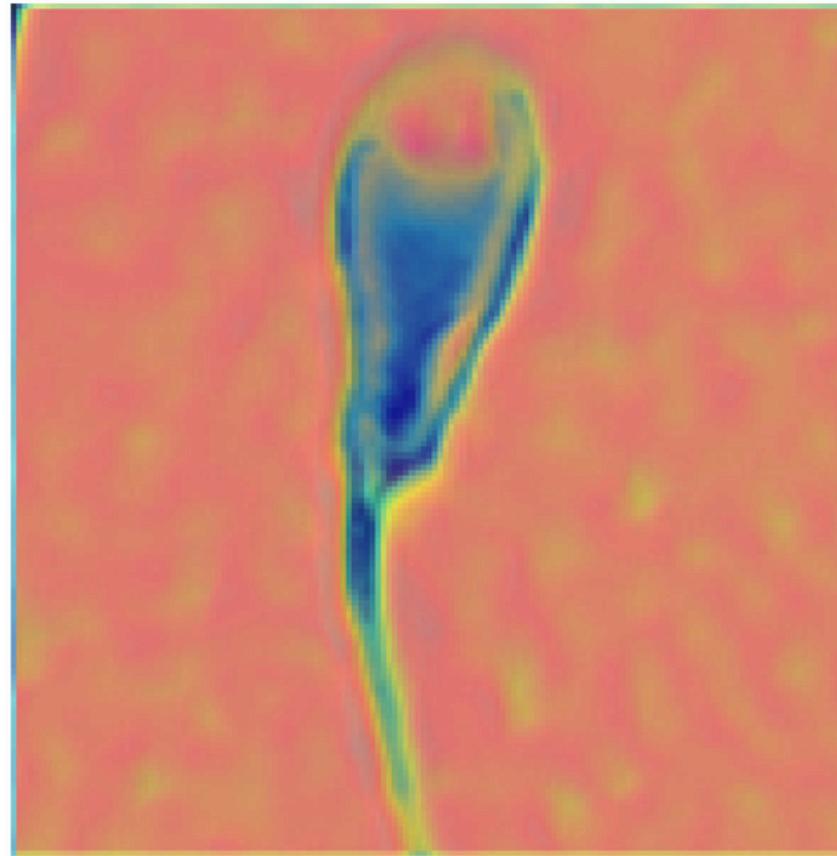
- Dans un contexte réel, on aimeraient associer un indice de confiance à un résultat (surtout si données hors distribution)
- Tester sur un autre jeu de données, d'autres paramètres, d'autres architectures (forêt aléatoire en sortie etc.)

Annexes

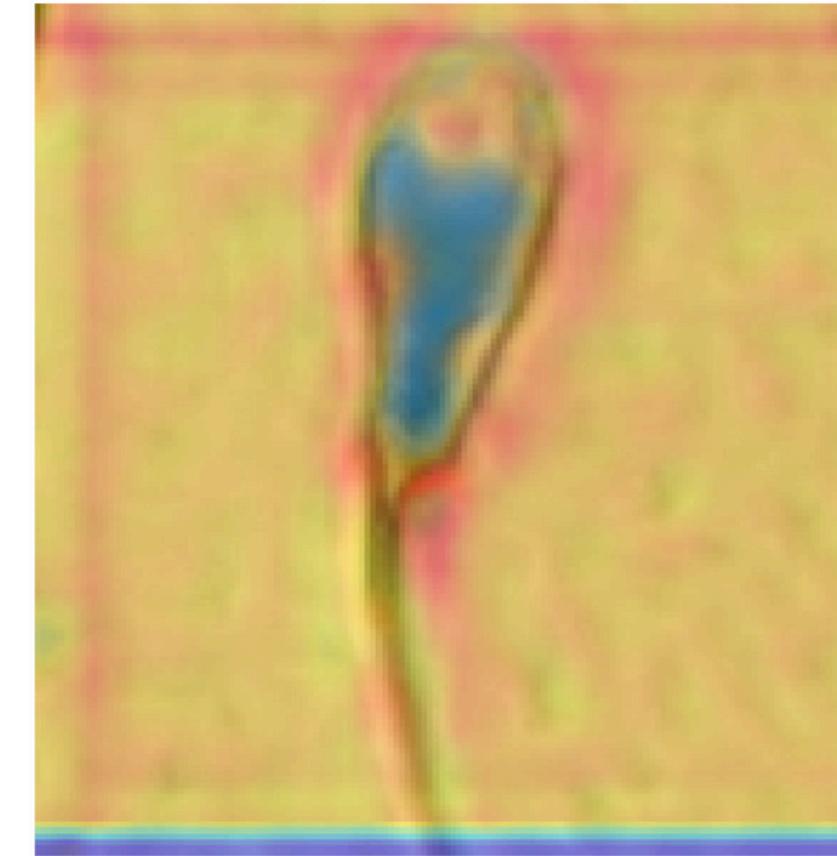


Annexes - Supplémentaires

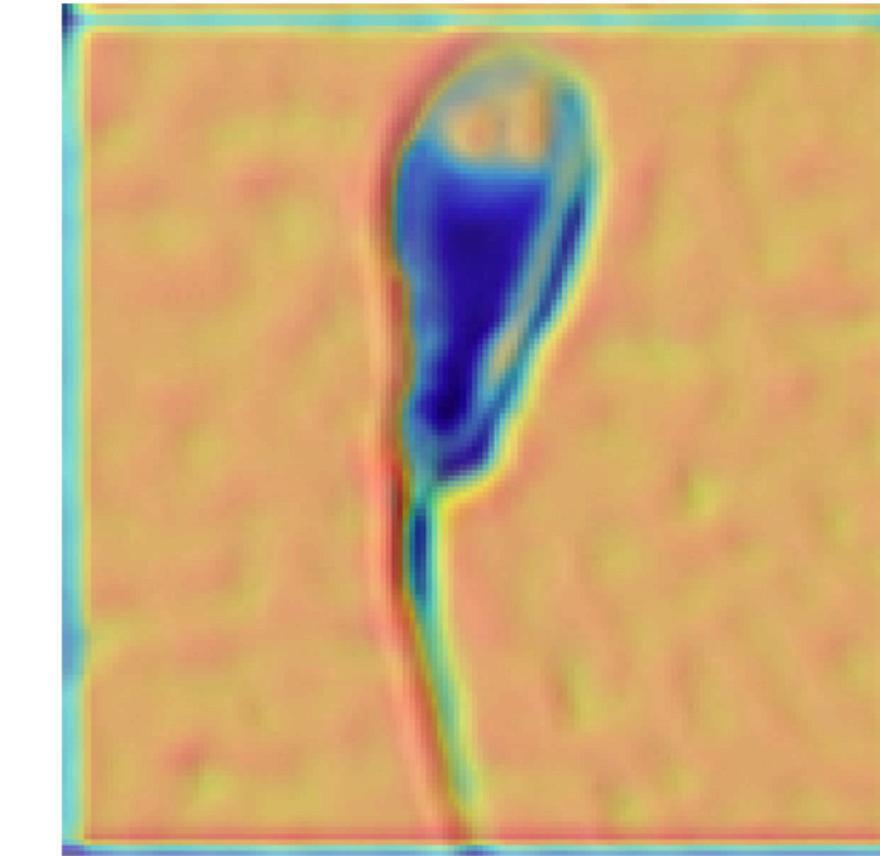
Heatmap d'Activation Superposée



Heatmap d'Activation Superposée



Heatmap d'Activation Superposée



Heatmap d'Activation Superposée

