

3^e JOURNÉE RÉTINE & DIABÈTE



Apport de l'Intelligence artificielle
pour le dépistage de la rétinopathie diabétique.
Peut-on l'utiliser de façon autonome ?

Pr Pascale MASSIN

Centre Ophtalmologique Breteuil

75007 PARIS

massin.breteuil@gmail.com



CENTRE
OPHTALMOLOGIQUE
**SORBONNE
ST MICHEL**



Centre de Santé Broca

94 bis, rue Broca
75013 PARIS

01 46 20 91 29

- Pas de conflit d'intérêt

2022 © Journée Rétine & Diabète, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

2022 © Journée Rétine & Diabète, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

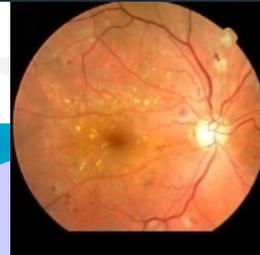
Aujourd'hui, en médecine, l'IA a déjà permis de faire des avancées prodigieuses dans de nombreux domaines

- L'ophtalmologie, et particulièrement le diagnostic des pathologies rétiniennes, représente un champ propice au développement de l'IA, car essentiellement basée sur l'imagerie
- Le dépistage de la rétinopathie diabétique est le premier domaine où l'IA s'impose comme un outil incontournable



Réseau régional de dépistage de la Rétinopathie par Télémédecine OphDiaT©

ORGANISATION depuis 2004



42 sites de dépistage

2020: > 17 000 examens
Environ 120 examens par jour

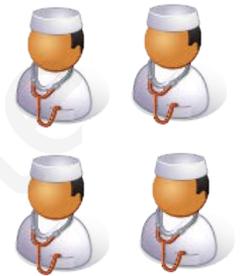
SITES DE DÉPISTAGE

- PRISONS
- RÉSEAUX DIABÈTE
- SERVICES DE DIABÉTOLOGIE
- CENTRES MUNICIPAUX DE SANTÉ
- CENTRE D'EXAMEN DE SANTÉ

DOSSIER :
IMAGES
DONNÉES MÉDICALES

ORTIF

CENTRE DE LECTURE

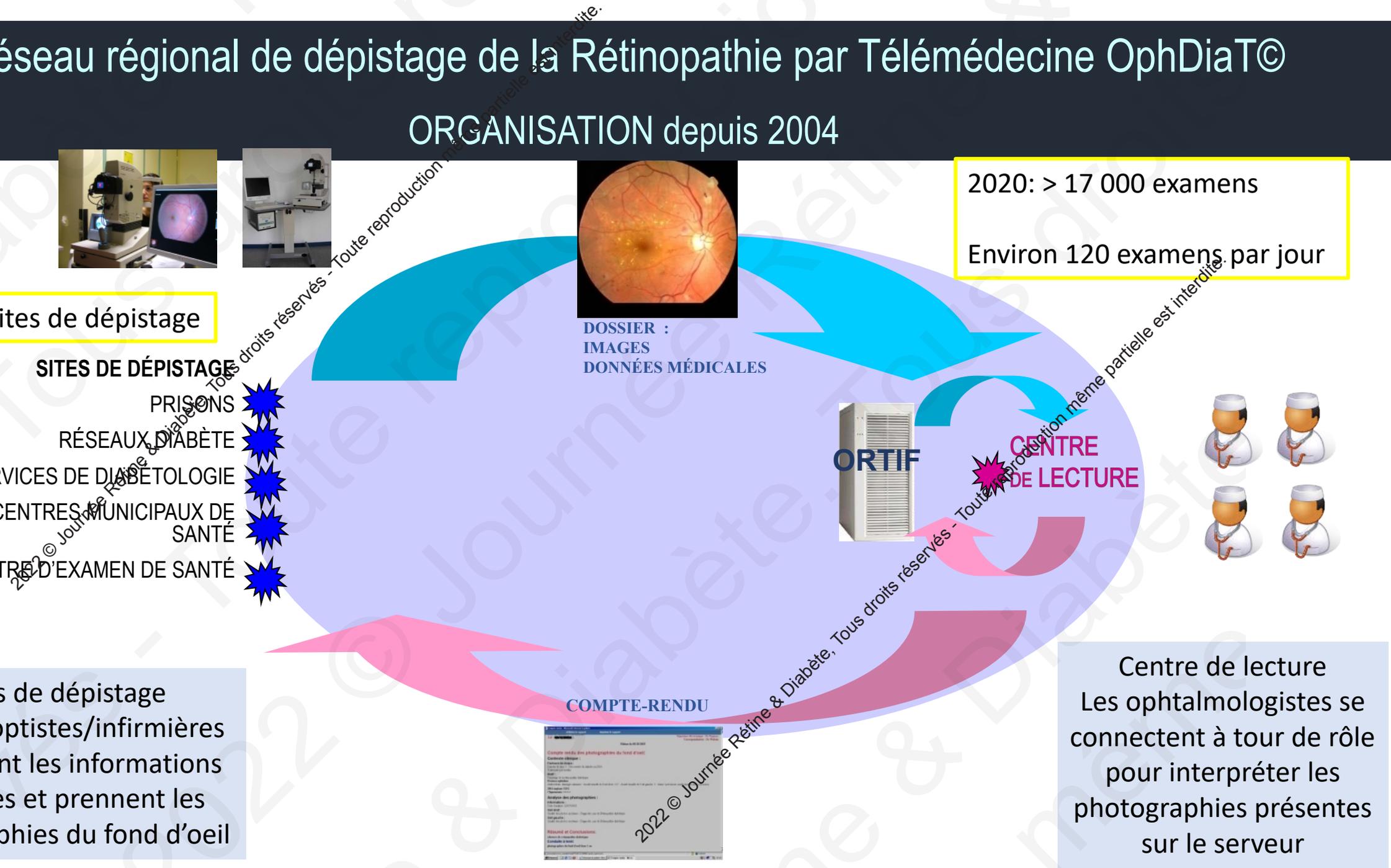


Sites de dépistage
Les orthoptistes/infirmières recueillent les informations cliniques et prennent les photographies du fond d'oeil

COMPTE-RENDU



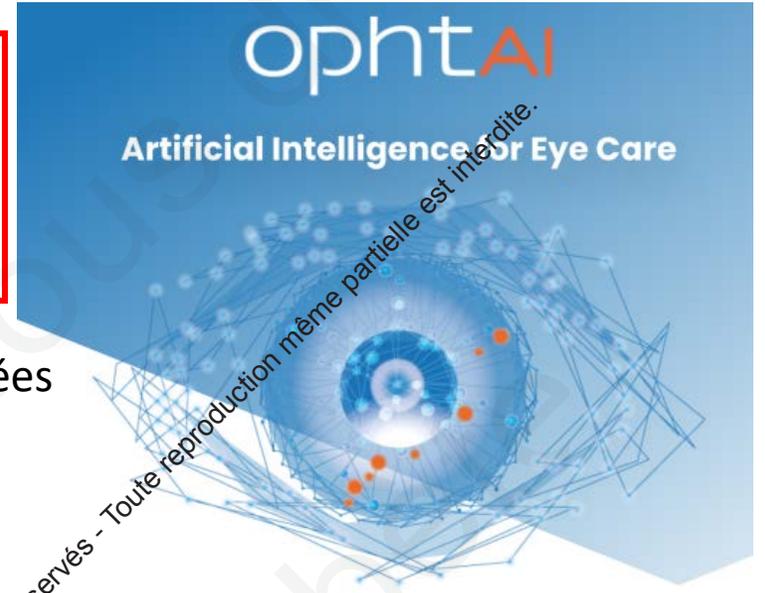
Centre de lecture
Les ophtalmologistes se connectent à tour de rôle pour interpréter les photographies présentes sur le serveur



Dépistage de la RD en 2020 et au-delà : logiciels d'IA pour le dépistage de la RD



DIAGNOS



Développé grâce aux données OPHDIAT

2022 © Journée Rétine & Diabète - Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.



Consortium existant depuis 2004

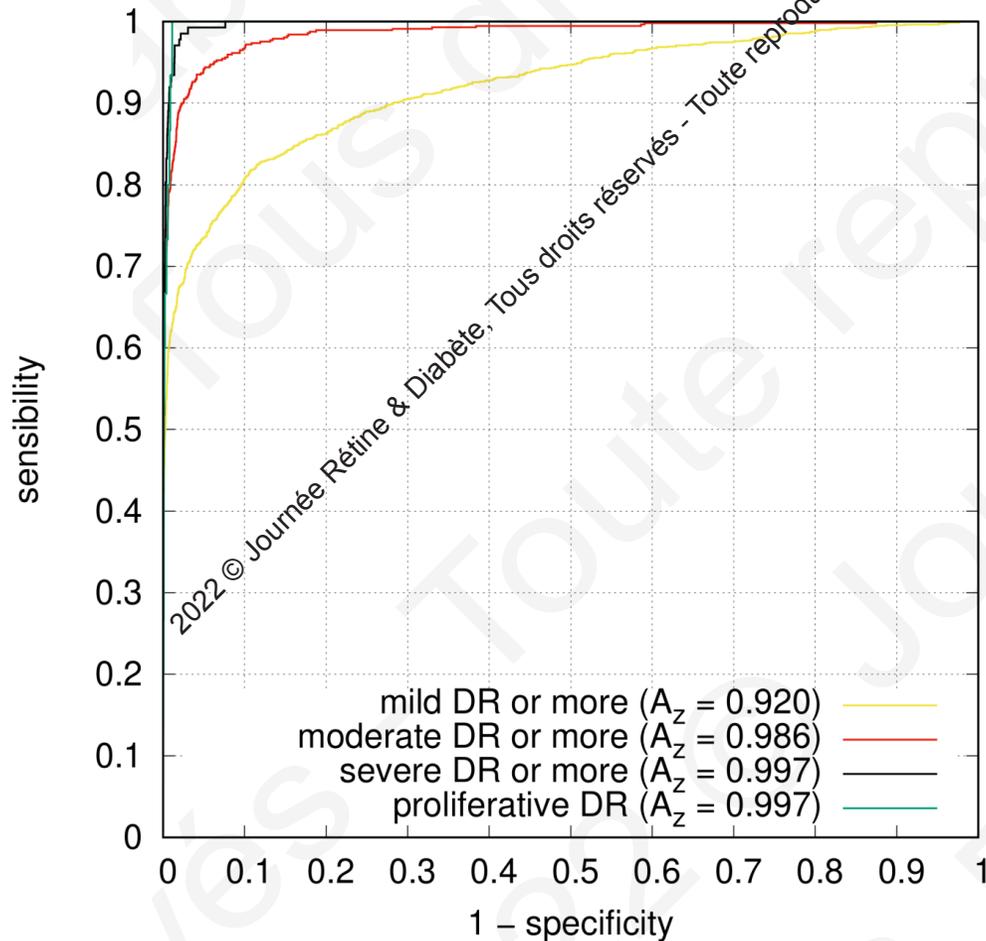
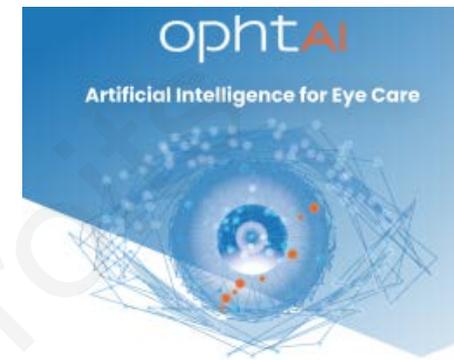
2022 © Journée Rétine & Diabète - Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

L'IA fait elle aussi bien que l'œil humain pour dépister la RD ?

	Nb images	AUC	Sensibilité	Spécificité
EyeNuk (Eyeart)			91,7%	95,5%
Retmarker (Portugal)			97,23%	70,35%
Abramoff 2016 * <i>Idx-DR</i>		0,980	96,8	87
Gulshan 2016 * Google	118 419	0,990-0,991	97,5-96,1	93,4-93,9
Gargeia 2017 *	75137	0,97	94	98
Ting 2017 *	76370	0,936	90,5	91,6
Quellec 2019* <i>OphTAI</i>	760 000	0,988	99	87

* Referable RD: > Moderate Non proliferative RD and / or ME

Gradation de la sévérité exacte de la RD



- Base de test :
 - Yeux de la base d'OPHDIAT bénéficiant d'une double lecture (9 734 yeux)
- Base d'entraînement :
 - Yeux de la base d'OPHDIAT provenant d'examens non inclus dans la base de test (275 236 yeux)
 - Plus base de données Kaggle (88 704 yeux)
 - Au total : 364 940 yeux
- Performance très élevée pour toutes les classes, sauf pour la RD minimale, où le désaccord entre les médecins est élevé



MyophtAI

Vous n'êtes plus qu'à quelques clics d'accéder à notre système d'IA de dernière génération pour la détection des maladies de l'œil.

La technologie OphtAI vise à révolutionner le dépistage des maladies oculaires et à aider à faire face au manque d'ophtalmologues. C'est une innovation de rupture dont l'ambition est d'optimiser l'organisation des soins en Ophtalmologie.



Une seconde



Une image



Un dépistage



E-mail: ophtai@ophtai.com
Mot de passe: [masked]

[Se connecter](#) [Mot de passe oublié?](#)

Pas de compte?

[Essai gratuit](#)

Pas de carte de crédit. Pas de complications. Utilisez nos images ou les vôtres.

Peut on utiliser ces logiciels d'IA ?

IA EMBARQUEE

Rétinographe NFC 700

Le NFC 700 intègre l'Intelligence Artificielle d'OphthAI* permettant l'aide au diagnostic de la rétinopathie diabétique, du glaucome et de la DMLA.

- Image haute résolution
- Champ d'acquisition 45°
- Entièrement automatisée
- Intelligence Artificielle embarquée en option*

Sanotek

Le système autonome RetinaStation permet d'acquérir des images et de les éditer à partir d'un seul appareil. L'ordinateur intégré fonctionne sous Windows, la visionneuse et l'application de traitement des images sont préinstallées. Compatible DICOM et combinable avec les systèmes de DMP (Dossier Médical Partagé).



Le RetinaStation donne également accès au logiciel ARDA* utilisant l'IA pour la rétinopathie diabétique (RD) et l'œdème maculaire diabétique (OMD). Les images sont analysées à distance en temps réel et un rapport complet est envoyé. Le rapport constitue un outil précieux pour le dépistage, la gestion et la documentation de la rétinopathie diabétique.

Ils ont un marquage CE....



Multicenter, Head-to-Head, Real-World Validation Study of Seven Automated Artificial Intelligence Diabetic Retinopathy Screening Systems

Aaron Lee,^{1,2,3} Ryan T. Yanagihara,¹
 Cecilia S. Lee,^{1,2} Marian Blazes,¹
 Moon C. Jung,^{1,2} Yewlin E. Chee,¹
 Michael D. Gencarella,¹ Harry Gee,⁴
 April Y. Maa,^{5,6} Glenn C. Cockerham,^{7,8}
 Mary Lynch,^{5,9} and Edward J. Boyko^{10,11}

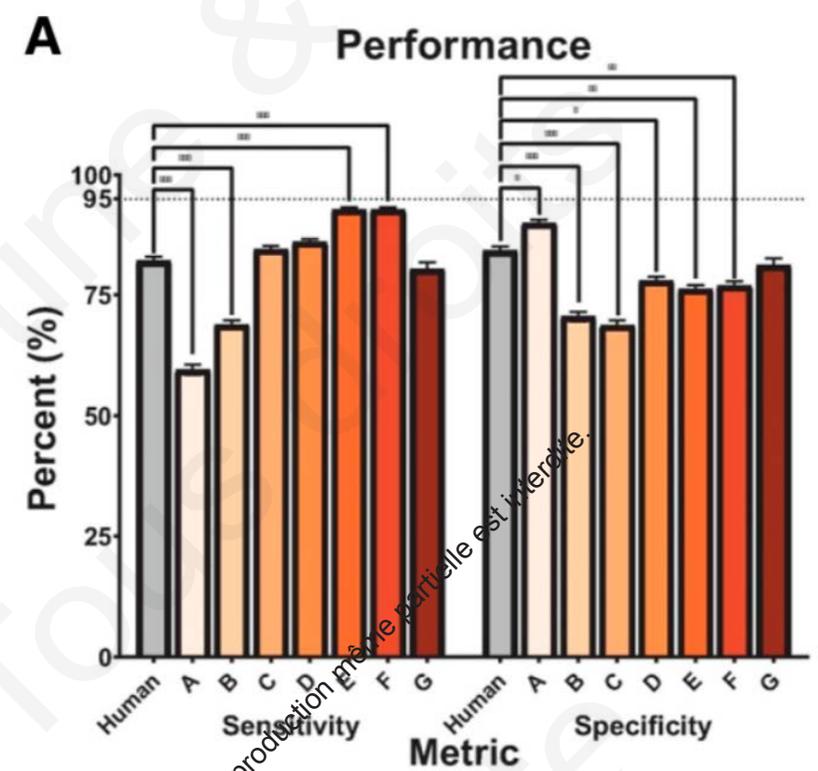
Diabetes Care 2021

<https://doi.org/10.2337/dc20-1877>

(27 compagnies sollicitées)

Performances variables selon les algorithmes. Bonnes performances d'OPHtAI

Les auteurs recommandent des évaluations complémentaires de vraie vie

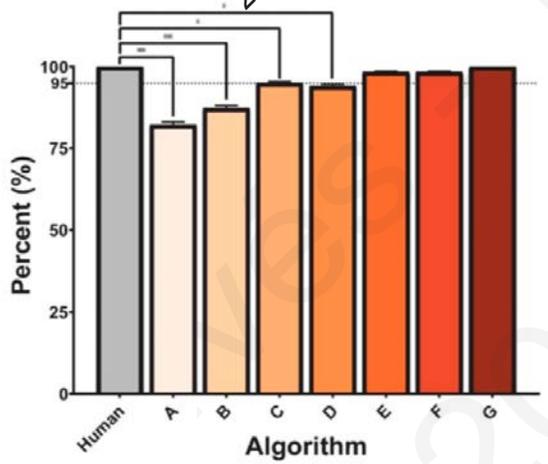


Sensibilité comprise entre 50,98 et 85,90%
 Spécificité comprise entre 60,42 et 83,69%

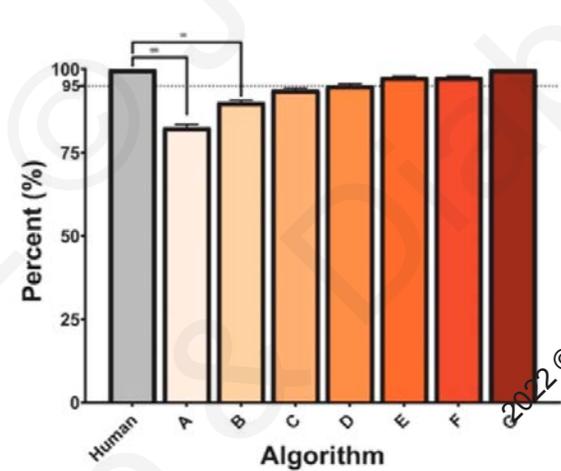
CONCLUSIONS

The DR screening algorithms showed significant performance differences. These results argue for rigorous testing of all such algorithms on real-world data before clinical implementation.

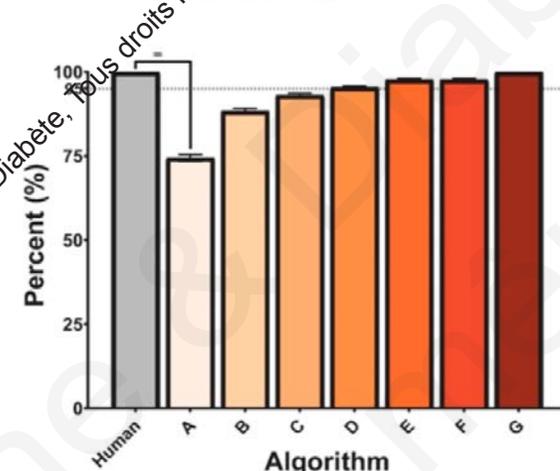
B Sensitivity for Moderate DR or Worse



C Sensitivity for Severe DR or Worse



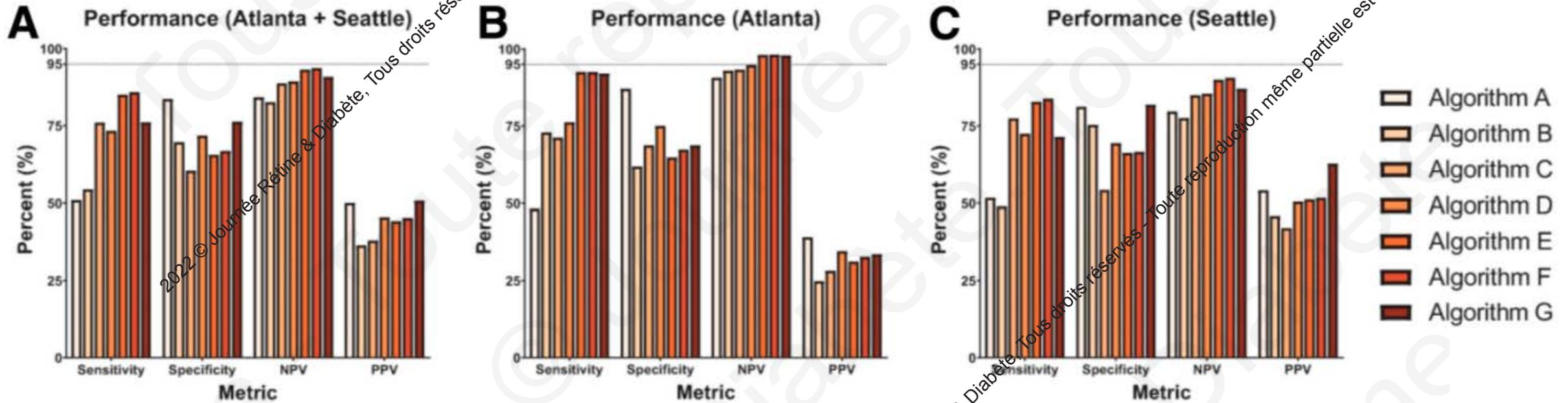
D Sensitivity for PDR



Multicenter, Head-to-Head, Real-World Validation Study of Seven Automated Artificial Intelligence Diabetic Retinopathy Screening Systems

Aaron Y. Lee,^{1,2,3} Ryan T. Yanagihara,¹
Cecilia S. Lee,^{1,2} Marian Blazes,¹
Hoon C. Jung,^{1,2} Yewlin E. Chee,¹
Michael D. Gencarella,¹ Harry Gee,⁴
April Y. Maa,^{5,6} Glenn C. Cockerham,^{7,8}
Mary Lynch,^{5,9} and Edward J. Boyko^{10,11}

<https://doi.org/10.2337/dc20-1877>



Performances différentes selon les caractéristiques de la base d'images évaluée (prévalence de RD, qualité des images ...) ...

Des entrainements complémentaires sont nécessaires sur des populations plus hétérogènes (qualité des images, origine géographique, pigmentation, différentes caméras ...)

Towards population-independent, multi-disease detection in fundus photographs

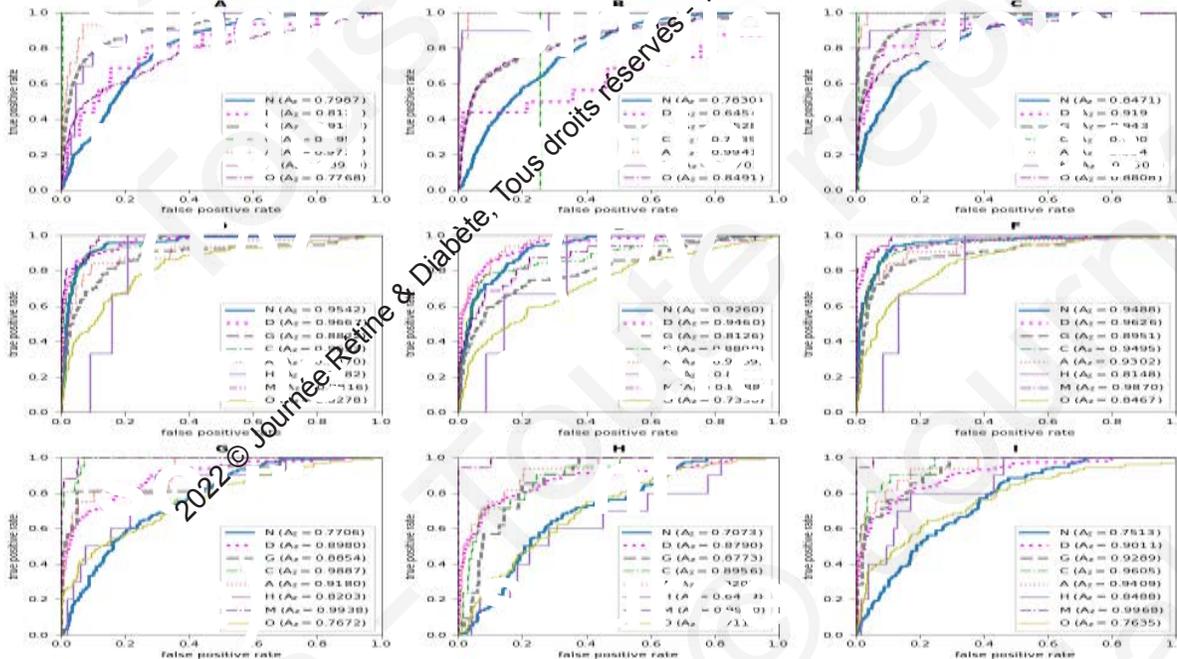
Sarah Matta^{1,2}, Mathieu Lamard^{1,2}, Pierre-Henri Conze^{2,3}, Alexandre Le Guilcher⁴, Clément Lecat⁴, Romuald Carette⁴, Fabien Basset⁴, Pascale Massin⁵, Jean-Bernard Rottier⁶, Beatrice Cochener^{2,1,7}, and Gwenolé Quéléec²

Dataset	Population	Train/ Validation (T/V)	Test
OPHDIAT	Diabetic population	70101 ($O_{T/V}$)	7726 (O_{Test})
OphtaMaine	General population	8537 ($M_{T/V}$)	8583 (M_{Test})
RIADD	General Population	2560 ($R_{T/V}$)	640 (R_{Test})
ODIR	General Population	6300 ($D_{T/V}$)	700 (D_{Test})

Single model (T/V same source)

Single model (T/V different source)

Joint model



A: mAUC=0.8799
B: mAUC=0.8341
C: mAUC=0.9338

D: mAUC=0.9164
E: mAUC=0.8680
F: mAUC=0.9169

G: mAUC=0.8803
H: mAUC=0.8284
I: mAUC=0.8865

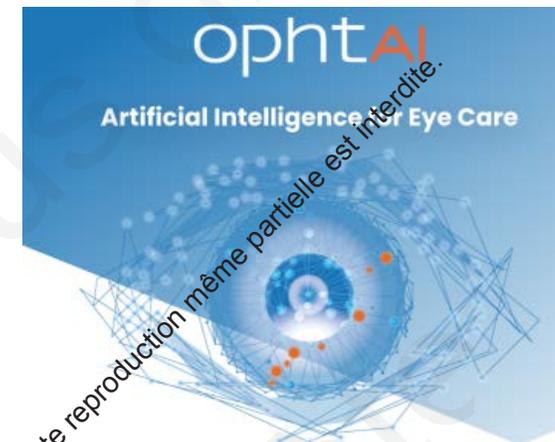
- Les performances des algorithmes ne sont bonnes que sur des bases ayant les mêmes caractéristiques que la base d'entraînement
- En revanche, sur des bases différentes en terme de prévalence de pathologie, de qualité d'images ..., les performances se dégradent
- Il n'est à ce jour pas possible d'utiliser des algorithmes développés pour le dépistage de la RD pour un dépistage de pathologies oculaires en population générale

2022 © Journée Rétilne & Diabète, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

MARQUAGE CE: AIDE AU DIAGNOSTIC, et non tri automatique ...

CE

- L'aide au dépistage, grâce à une Intelligence Artificielle qui fonctionne avec tout type de rétinographe et qui indique :
 - à l'opérateur, en temps réel, si la photo de rétine sera interprétable
 - au lecteur, en quelques secondes :
 - le niveau de sévérité de la Rétinopathie Diabétique
 - la localisation des lésions
 - la conduite à tenir (degré d'urgence)
 - les pathologies associées
 - le niveau de confiance.



Using a Deep Learning Algorithm and Integrated Gradients Explanation to Assist Grading for Diabetic Retinopathy

Rory Sayres, PhD,¹ Ankur Taly, PhD,¹ Ehsan Rahimy, MD,² Katy Blumer, BS,¹ David Coz, BS,¹ Naama Hammel, MD,¹ Jonathan Kruse, PhD,¹ Arunachalam Narayanaswamy, PhD,¹ Zahra Rastegar, MD, PhD,¹ Derek Wu, BS,¹ Shawn Xu, BS,³ Scott Barb, MD,⁴ Anthony Joseph, MD,⁵ Michael Shumski, MD, MSE,⁶ Jesse Smith, MD,⁷ Arjun B. Sood, MD,⁹ Greg S. Comodo, PhD,¹ Lily Peng, MD, PhD,^{1,*} Dale R. Webster, PhD^{1,*}

Seuls ont un marquage FDA en tri automatique:

- IdX- DR
- Eye ART

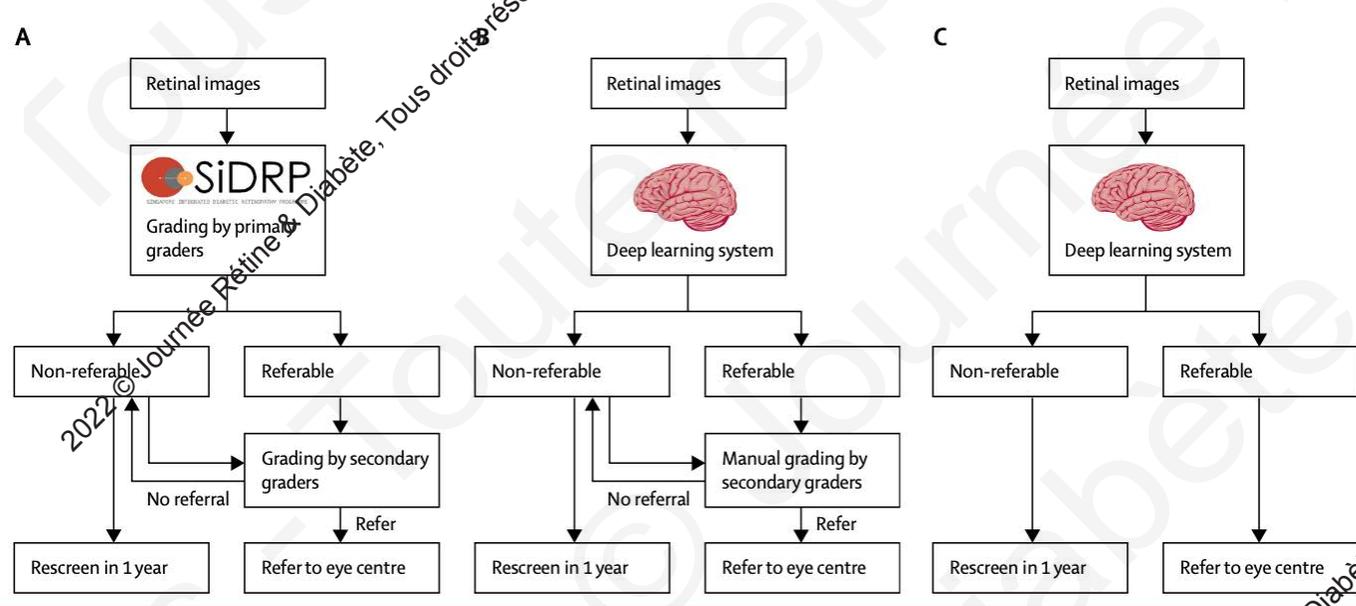
Marquage CE: peu exigeant en terme de performances.....

Conclusions: Deep learning algorithms can improve the accuracy of, and confidence in, DR diagnosis in an assisted read setting. They also may increase grading time, although these effects may be ameliorated with experience. *Ophthalmology* 2018;■:1–13 © 2018 by the American Academy of Ophthalmology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Artificial intelligence for teleophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an economic analysis modelling study

Lancet Digital Health 2020

Yuchen Xie*, Quang D Nguyen*, Haslina Hamzah*, Gilbert Lim, Valentina Bellemo, Dinesh V Gunasekeran, Michelle Y T Yip, Xin Qi Lee, Wynne Hsu, Mong Li Lee, Colin S Tan, Hon Tym Wong, Ecosse L Lamoureux, Gavin S W Tan†, Tien Y Wong†, Eric A Finkelstein†, Daniel S W Ting†



Conclusion: le plus efficace en terme de coût est le dépistage semi automatisé

(réduit les faux positifs)

A Grading humain
77 \$/pers/an

B. Dépistage semi automatisé
62\$/pers/an

C Dépistage totalement automatisé
66\$/pers/an

Réseau régional de dépistage de la Rétinopathie par Télémedecine OphDiaT©

ORGANISATION : TRI AUTOMATIQUE



DOSSIER :
IMAGES
DONNÉES MÉDICALES



CENTRE
DE LECTURE

Serveur
OphtAI

SITES DE DÉPISTAGE

PRISONS

RÉSEAUX DIABÈTE

SERVICES DE DIABÉTOLOGIE

CENTRES MUNICIPAUX DE SANTÉ

CENTRE D'EXAMEN DE SANTÉ

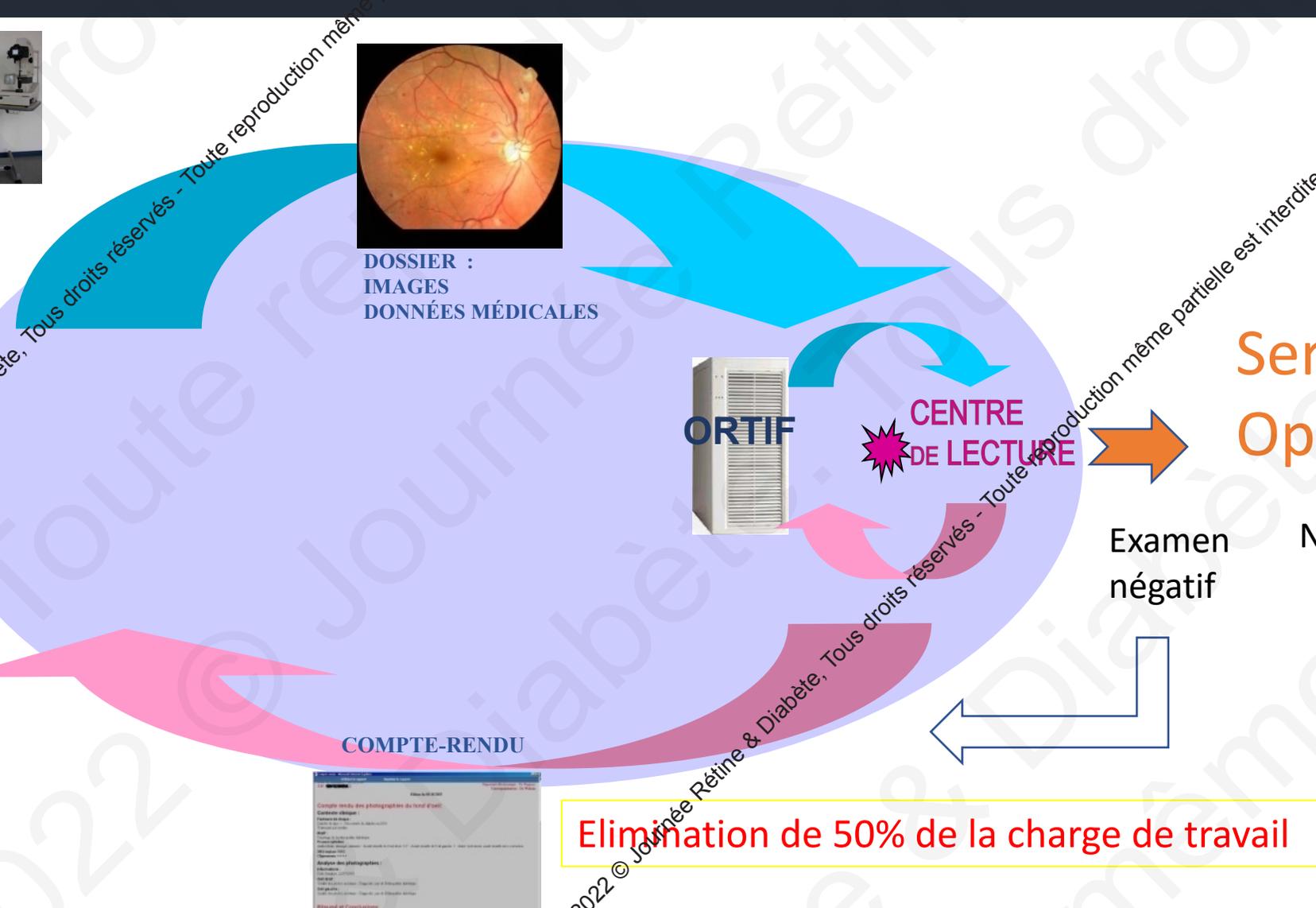
COMPTE-RENDU



Examen
négatif

Non gradable
Ou
Examen
positif

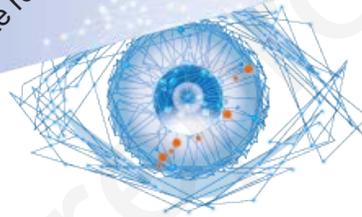
Elimination de 50% de la charge de travail



Il y a des limites : les pathologies associées

ophtAI

Intelligence artificielle dédiée
à l'ophtalmologie



evolucare

CE
0459



GMED
ISO 13485

Sensibilité

99%

96.5%

92.5%

Spécificité

87%

95.4%

87%

Temps de Réponse

<3s

<3s

<3s

2022 © Journée Rétine & Diabète, Tous droits réservés - Toute reproduction même partielle est interdite.

Il y a des limites : les pathologies associées

> Med Image Anal. 2020 Apr;61:101660. doi: 10.1016/j.media.2020.101660. Epub 2020 Jan 28.

Automatic detection of rare pathologies in fundus photographs using few-shot learning

Gwenolé Quéléc¹, Mathieu Lamard², Pierre-Henri Conze³, Pascale Massin⁴, Béatrice Cochener⁵

JAMA. 2017 Dec 12; 318(22): 2211–2223.

Published online 2017 Dec 12. doi: [10.1001/jama.2017.18152](https://doi.org/10.1001/jama.2017.18152)

PMCID: PMC5820739

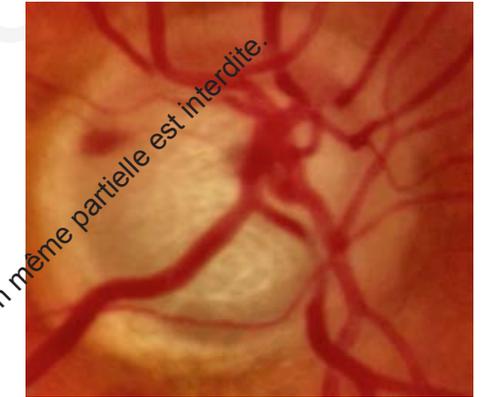
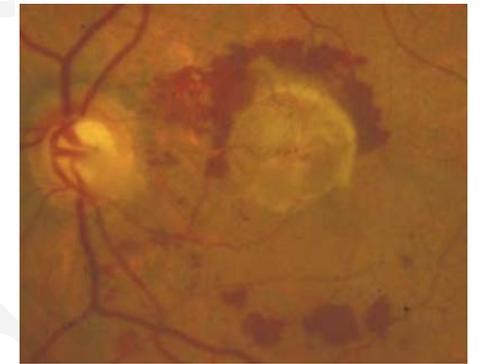
PMID: [29234807](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29234807/)

Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes

Development and Validation of Deep Learning Models for Screening Multiple Abnormal Findings in Retinal Fundus Images

Jaemin Son, MSc,^{1,*} Joo Young Shin, MD, MSc,^{2,*} Hoon Dong Kim, MD, MSc,³ Kyu-Hwan Jung, PhD,¹ Kyu Hyung Park, MD, PhD,⁴ Sang Jun Park, MD, MSc⁴

Nécessité de bases d'images bien caractérisées pour chacune des pathologies et d'entraînement complémentaire des algorithmes ...



Etude en vraie vie population générale/ RNO Mautauban

- Rétrospective, monocentrique // 1028 patients
 - RNO = 6-50 ans sans pathologie
- IA → 149 anomalies retrouvées par l'IA, 7.2% des patients

Glaucome	Rétinopathie diabétique	Drusen	DMLA	Cédème maculaire
4.3%	1%	0.8%	0.6%	0.5%

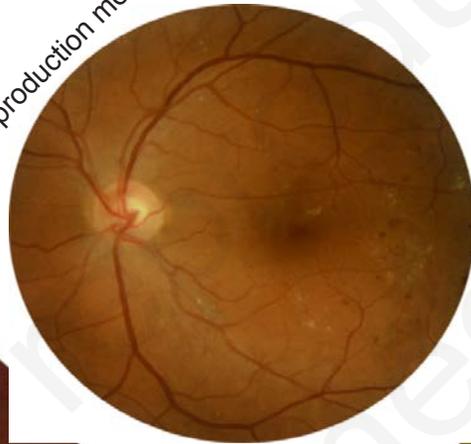
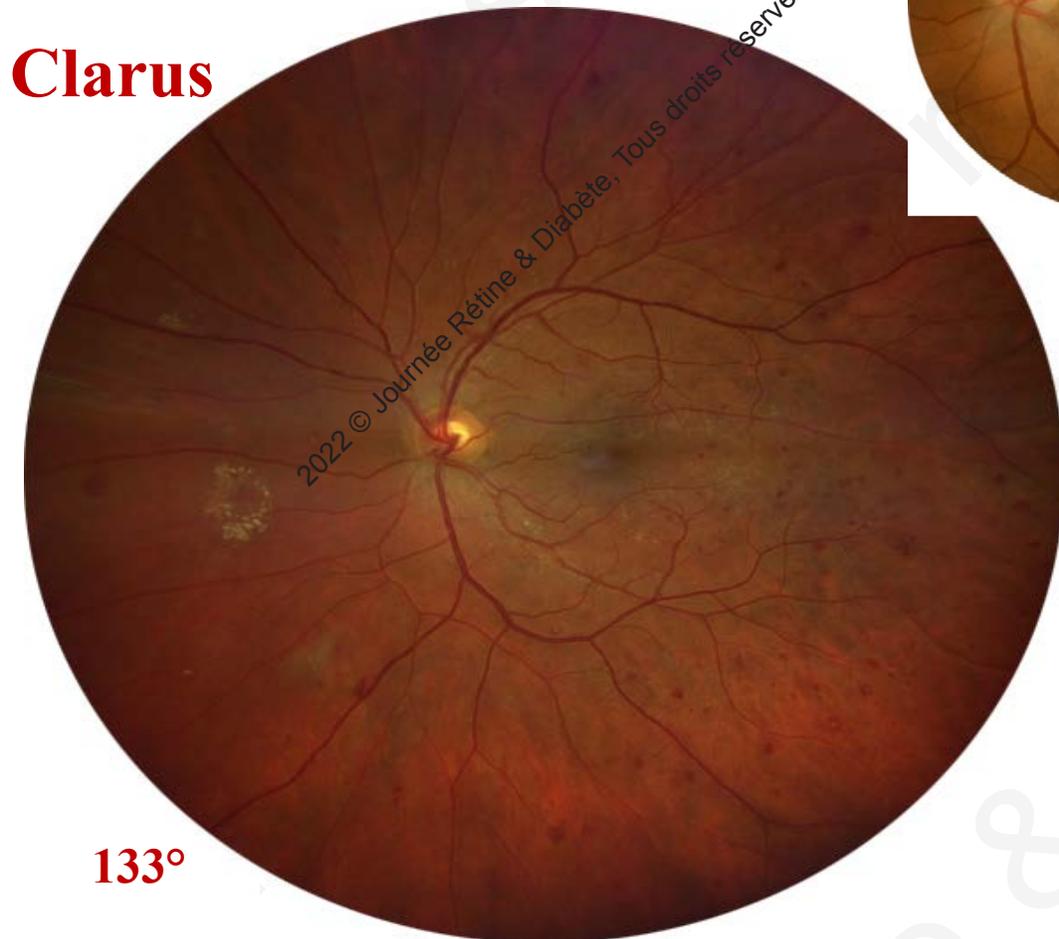
- **Ophthalmologiste :**

- 0 anomalie dans les clichés considérés « normaux » par l'IA → **Sensibilité 100%**
- 32 anomalies confirmées, 1.6% des patients

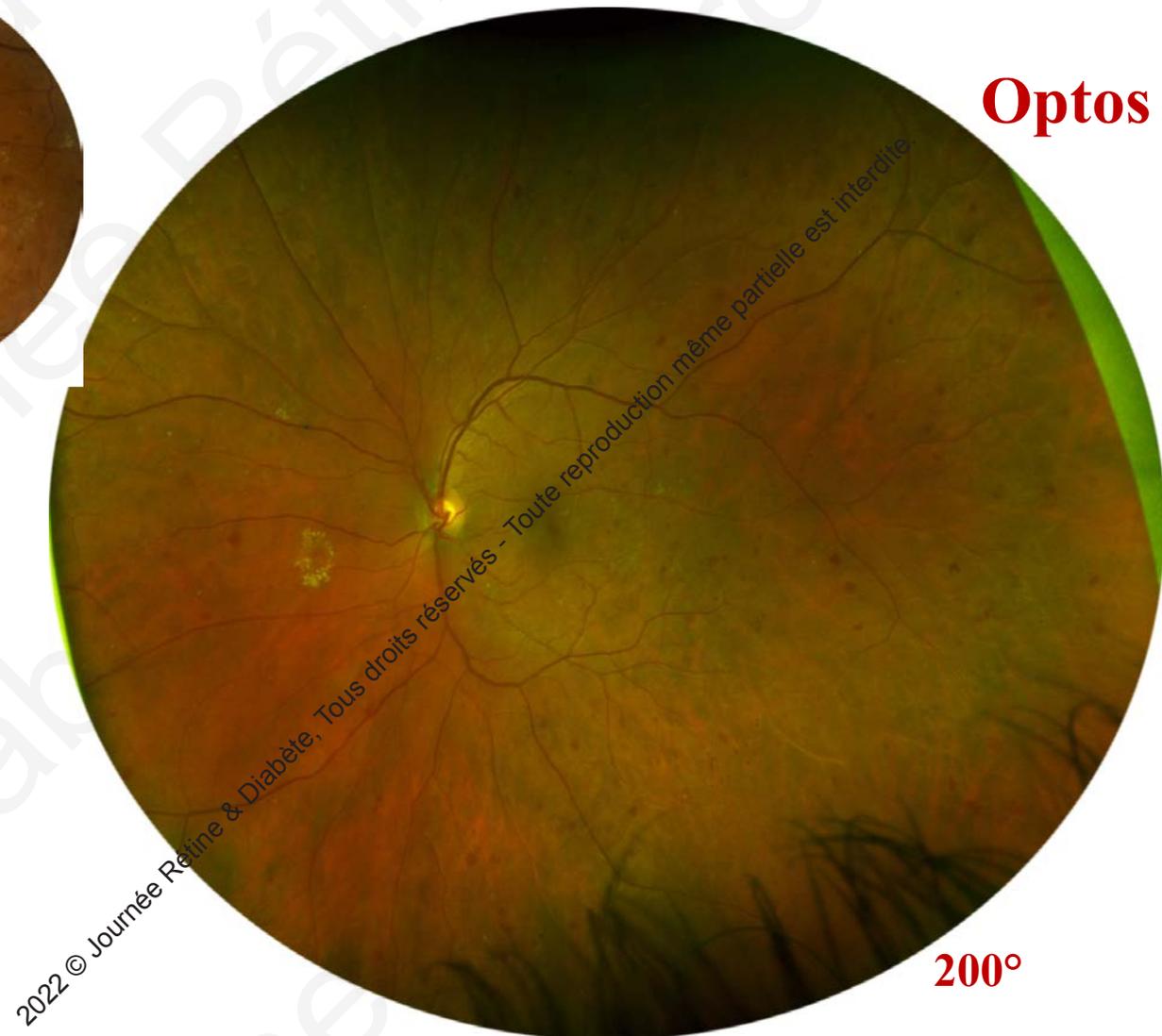
	Globale	Excavation pathologique	Drusen / DMLA	Rétinopathie diabétique
Spécificité	94.5%	96.1%	98.6%	99%

Algos entraînés sur Rétinographies 45°

Clarus



Optos



Conduite à tenir

- Ne tient pas compte des données patient (âge, type de diabète, équilibre glycémique et tensionnel, rééquilibration glycémique récente, mise sous pompe, grossesse, chirurgie de la cataracte ...etc)
- Dans le dépistage de la RD, la recommandation de suivi est personnalisée par le lecteur

CONCLUSION



- IA: Outil intelligent et incontournable
- Les algorithmes de détection automatique de la RD/IA ne sont pas égaux entre eux, et ne sont pas autonomes; ils doivent pour le moment être utilisés sous supervision ophtalmologique (AIDE AU DIAGNOSTIC)
- Les performances des algorithmes sont variables en fonction des caractéristiques de la base évaluée (en terme de prévalence de la RD, qualité des images ...): des entraînements complémentaires sont nécessaires (qualité des images, origine géographique, pigmentation, différentes caméras ...)
- Des entraînements et des évaluations complémentaires sont nécessaires quant au dépistage des pathologies associées ...
- Les algorithmes actuels sont destinés uniquement au dépistage de la RD, et ne sont pas utilisables pour le dépistage des pathologies oculaires en population générale en tri automatique
- Les modalités d'utilisation de ces algorithmes et le modèle médico économique sont à définir, mais ces algorithmes devront être toujours utilisés dans le cadre d'un parcours de soins défini, intégrant un ophtalmologiste

Dépistage de l'OM: Mieux que l'œil humain?

Retina

Deep Learning Predicts OCT Measures of Diabetic Macular Thickening From Color Fundus Photographs

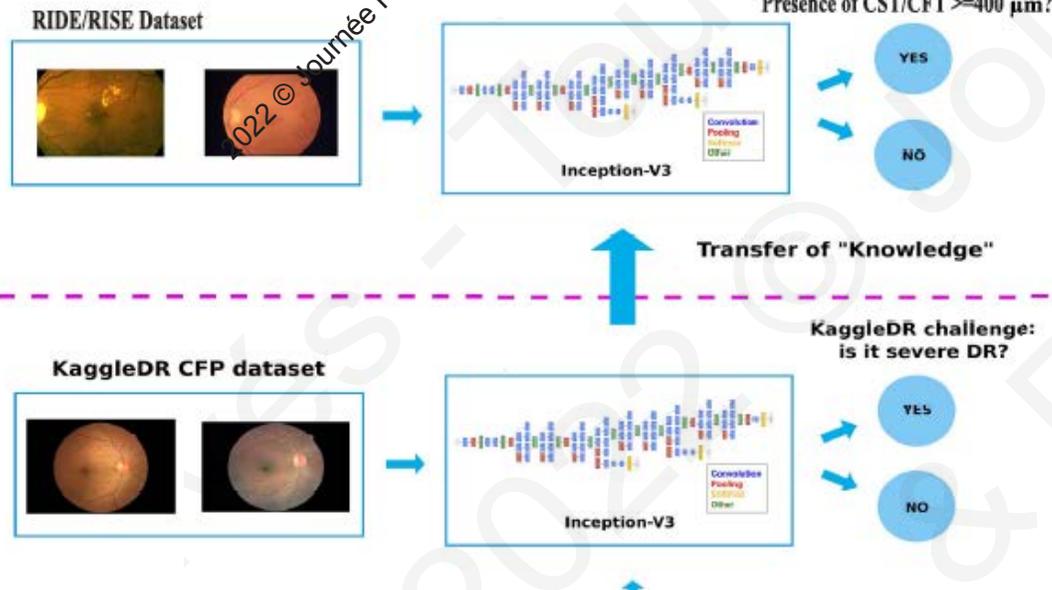
Filippo Arcadu,¹ Fethallah Benmansour,¹ Andreas Maunz,¹ John Michon,² Zdenka Haskova,² Dana McClintock,² Anthony P. Adamis,² Jeffrey R. Willis^{1,3} and Marco Prunotto^{1,3}

¹Pharma Research and Early Development (pRED), Roche Innovation Center Basel, Basel, Switzerland

²Genentech, Inc., San Francisco, California, United States

³School of Pharmaceutical Sciences, University of Geneva, Switzerland

IOVS 2019



ARTICLE

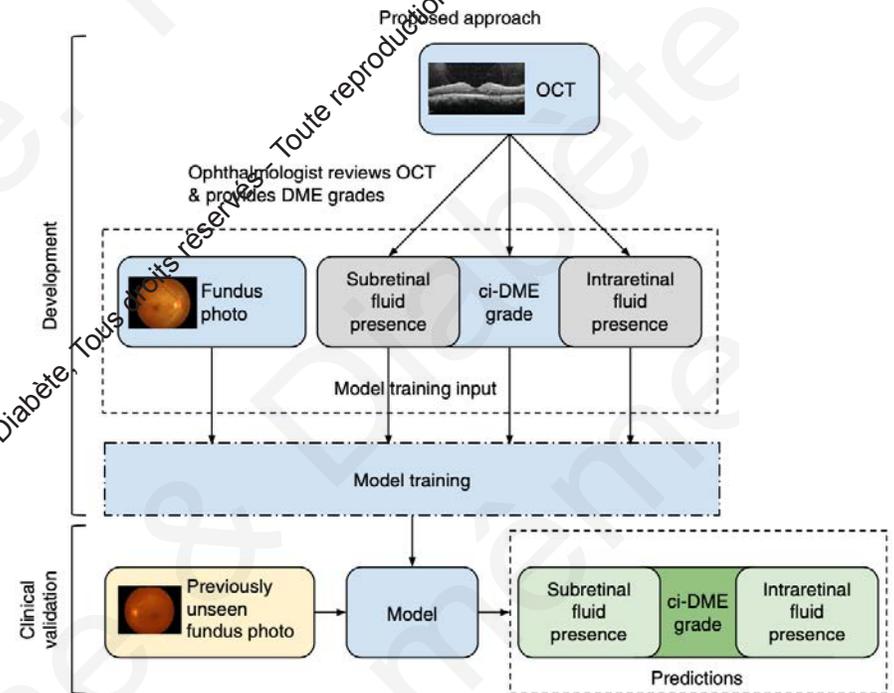
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-13922-8>

OPEN

Nature Communications 2020

Predicting optical coherence tomography-derived diabetic macular edema grades from fundus photographs using deep learning

Avinash V. Varadarajan^{1,8}, Pinal Bavishi^{1,8}, Paisan Ruamviboonsuk^{2,8}, Peravit Chotcomwongse², Subhashini Venugopalan³, Arunachalam Narayanaswamy³, Jorge Cuadros⁴, Kuniyoshi Kanai⁵, George Bresnick⁴, Mongkol Tadarati², Sukhum Silpa-archa², Jirawat Limwattanayingyong², Variya Nganthavee², Joseph R. Ledsam⁶, Pearse A. Keane⁷, Greg S. Corrado^{1,9*} & Dale R. Webster^{1,9}



2022 © Journée Rétine & Diabète, Tous droits réservés. Toute reproduction même partielle est interdite.