



**HAL**  
open science

## Projet DAPPEM: Développement d'une APPLication de repérage des Erythèmes Migrants à partir de photographies

Olivier Lesens, Sk Imran Hossain, Isabelle Lebert, Delphine Martineau, Engelbert Mephu Nguifo, Gwenaël Vourc'h, Jocelyn de Goër de Herve

### ► To cite this version:

Olivier Lesens, Sk Imran Hossain, Isabelle Lebert, Delphine Martineau, Engelbert Mephu Nguifo, et al.. Projet DAPPEM: Développement d'une APPLication de repérage des Erythèmes Migrants à partir de photographies. Journées Nationales des Centres de Références de Maladies Vectorielles à tiques, Apr 2022, Strasbourg, France. hal-04086700

**HAL Id: hal-04086700**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04086700>**

Submitted on 2 May 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# Projet DAPPEM

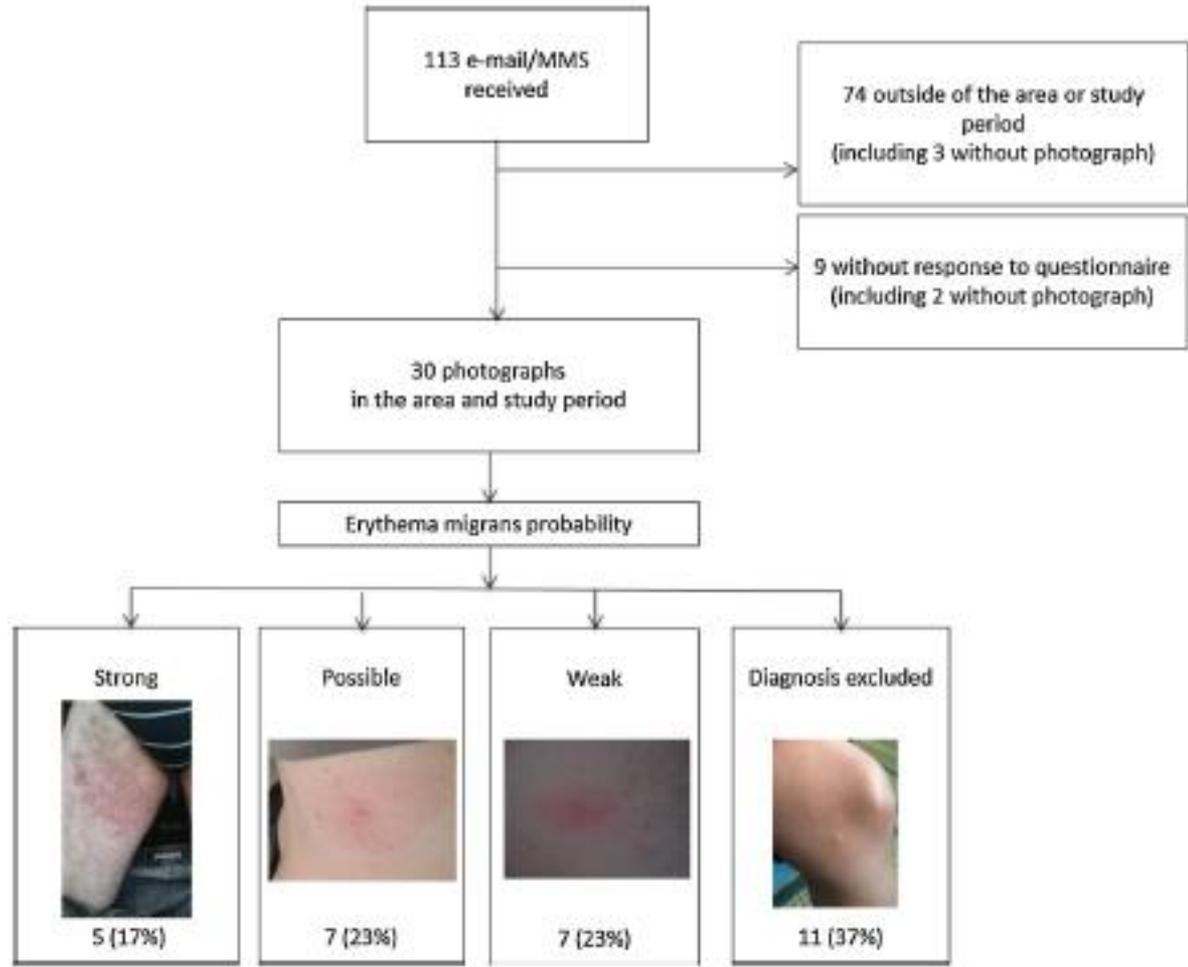
## Développement d'une APPLication de repérage des Erythèmes Migrants à partir de photographies

Olivier Lesens, Sk Imran Hossain, Isabelle Lebert, Delphine Martineau,  
Engelbert Mephu Nguifo, Gwenaël Vourc'h, Jocelyn de Goër de Herve

*Lesens Olivier, Martineau Delphine*

*Présentation Journée Nationale des CRMVT- Strasbourg - 4 avril 2022*





Contents lists available at ScienceDirect

## Ticks and Tick-borne Diseases

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ttbdis](http://www.elsevier.com/locate/ttbdis)

Study of on-line declarations of erythema migrans in  
France

Leberth<sup>a</sup>, I. Leberth<sup>b</sup>, M. Rene-Martellet<sup>b</sup>, V. Corbin-Valdenaire<sup>b</sup>,  
Lestel<sup>c</sup>, O. Lesens<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> de Clermont Ferrand, France  
<sup>b</sup> de France  
<sup>c</sup> de France  
<sup>d</sup> (UMR) (UMR 6022), Université Clermont Auvergne, Clermont Ferrand, France

Check for updates

UNIVERSITÉ  
Clermont Auvergne

Présentation Journée Nationale des CRMVT- 4 avril 2022



Characteristics of the included patients (n = 30).

Characteristics	Number (%)
Women	18 (60%)
<b>Link with the Combrailles area n (%)</b>	
Home	28 (94%)
Strictly professional	1 (3%)
Leisure/tourist	1 (3%)
<b>Activity at the time of the bite n (%)</b>	
Gardening	18 (61%)
Hiking/biking	6 (20%)
Animal care	2 (6 %)
Unknown	4 (13%)
Owned a smartphone	26 (87%)
Photograph sent by a third party	8 (27%)

grans in



ire<sup>a</sup>,

# LymeSnap - Bilan



- Incidence estimée à 22,7 /100 000 habitants
- Bonne qualité des photos (95%)
- La télé-déclaration est un outil prometteur pour avoir une meilleure estimation de l'incidence de la maladie de Lyme.



- Une majorité de « non-Lyme »
- Pas d'éléments cliniques: nécessité de rappeler avec un temps médical très long
- Le dispositif demande trop de ressources pour être déployé à grande échelle
  - *nécessité d'une campagne de sensibilisation préalable*
  - *besoin en ressources humaines important pour la collecte des données cliniques*

Connaissance insuffisante  
des pharmaciens  
et des médecins  
généralistes pour  
reconnaître un EM ?



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

**Ticks and Tick-borne Diseases**

Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ttbdis](http://www.elsevier.com/locate/ttbdis)

Original article

Tick ecology and Lyme borreliosis prevention: a regional survey of pharmacists' knowledge in Auvergne-Rhône-Alpes, France

Séverine Bord<sup>a,\*</sup>, Sylvain Derrat<sup>b</sup>, Laetitia Ouillon<sup>c</sup>, Magalie René-Martellet<sup>d,e</sup>,  
Gwenaël Vourc'h<sup>d,e</sup>, Olivier Lesens<sup>c,f</sup>, Christiane Forestier<sup>c</sup>, Isabelle Lebert<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Paris-Saclay University, AgroParisTech, INRAE, JRU MIA-Paris, 75005, Paris, France  
<sup>b</sup> Université Clermont Auvergne, AgroParisTech, INRAE, VetAgro Sup, JRU Territoires, F-63170 Aubière, France  
<sup>c</sup> Université Clermont Auvergne, CNRS, LMGE, F-63000, Clermont-Ferrand, France  
<sup>d</sup> Université de Lyon, INRAE, VetAgro Sup, UMR EPIA, F. 69280 Marcy l'Etoile, France  
<sup>e</sup> Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR EPIA, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France  
<sup>f</sup> Université Clermont Auvergne, CHU Clermont-Ferrand, CNRS, LMGE, F-63000 Clermont-Ferrand, France

**ARTICLE INFO**

**Keywords:**  
Tick-borne disease  
Pharmacists  
Survey  
Prevention measure

**ABSTRACT**

The most prevalent vector-borne diseases in Europe are caused by tick-borne pathogens, such as bacteria of the genus *Borrelia* that cause Lyme borreliosis.

In this context, retail pharmacists are frequently the first medical source of information in the event of a tick bite. The objective of this study was to assess pharmacy professionals' knowledge about both tick ecology and the appropriate measures for tick bites and Lyme borreliosis prevention. It was based on an online survey of 364 pharmacists and pharmacy assistants located in the Auvergne-Rhône-Alpes region of France. The results showed solid knowledge about preventive measures for tick bite and Lyme borreliosis, but weaker knowledge about tick biology (hosts, suitable habitats, favorable conditions for tick activity, etc.). In particular, several stereotypes were observed in the responses of the pharmacy professionals. These appear to result from a general construction of the knowledge on ticks and tick-borne diseases previously shown to the general population in the results highlight the need for continuous training about ticks and tick-borne diseases and the construction of serving local populations that live in endemic areas.

Présentation Journée Nationale des CRMVT 4 avril 2022

## Développement d'une **APP**lication de repérage des **E**rythèmes **M**igrants

### ➤ Unités de recherche impliquées

- LMGE (UMR UCA-CNRS) / CHU. Référent scientifique : O. LESENS, D. Martineau
- LIMOS (UMR UCA-CNRS-EMSE). E. Mephu Nguifo, I. Hossain (doctorant)
- EPIA (UMR INRAE – VAS). G. Vourc'h, J. de Goër, I. Lebert



### ➤ Partenaires non académiques

- ONF, Office National des Forêts. C. Planchette
- MSA, Mutualité Sociale Agricole. M. Ruols
- CNPF, Centre National de la Propriété Forestière et CRPF. D. Mourisset



### ➤ Durée du projet : du 01/09/2018 au 31/03/2023

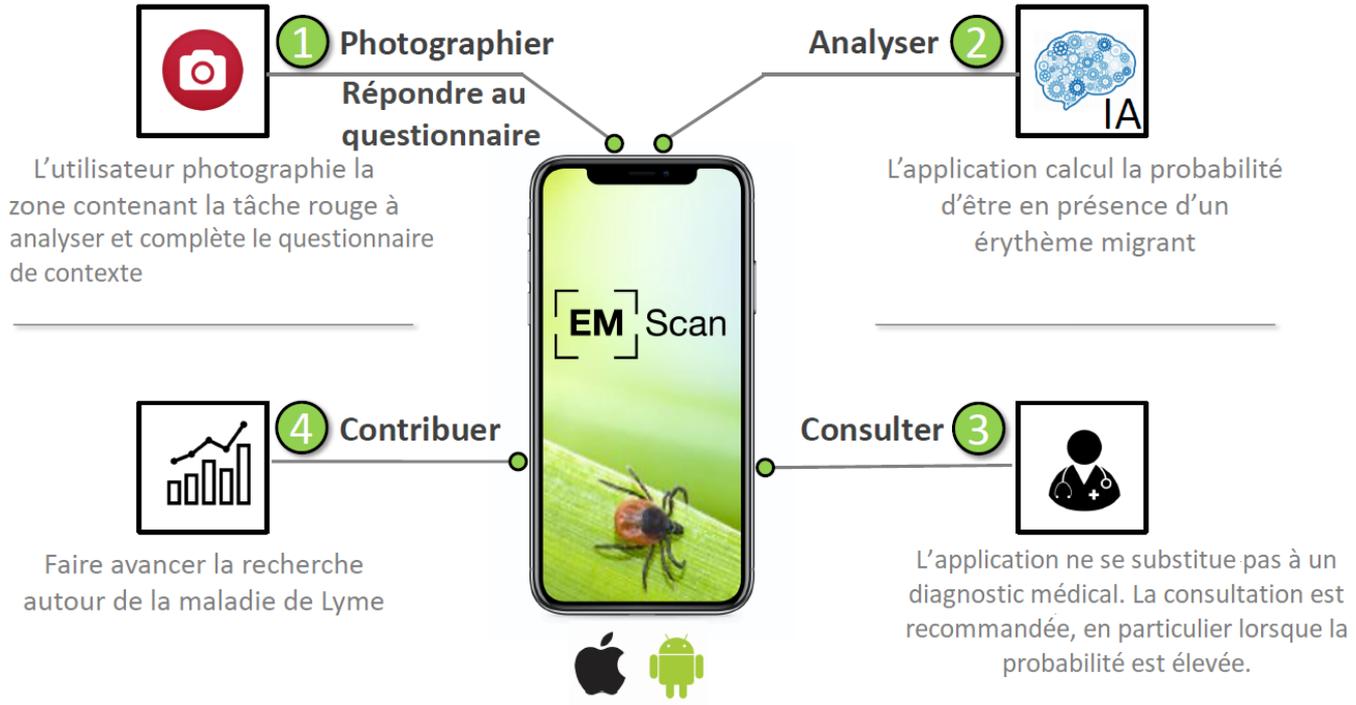
### ➤ Financement

Le projet DAPPEM est financé par l'Union européenne dans le cadre du Fonds Européen Développement Régional (FEDER) - Pack Ambition recherche 2018

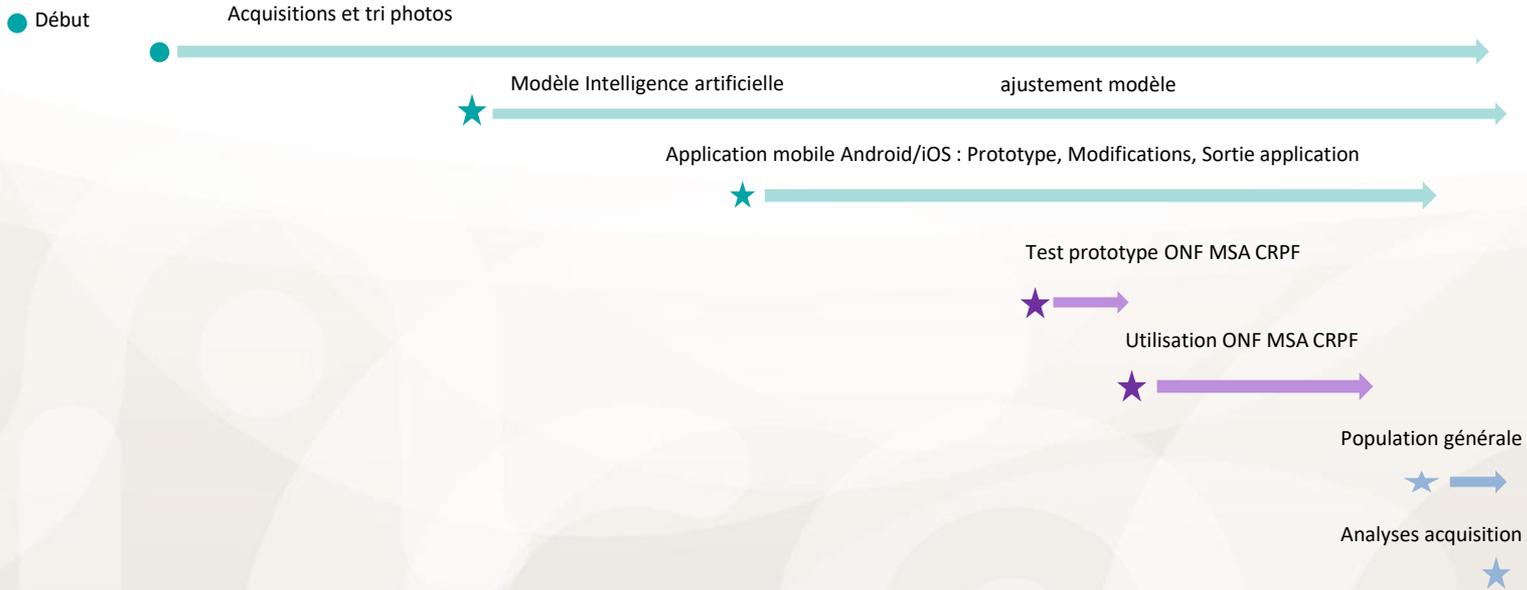
Subventions MSA 2019, 2020, 2021



# Développer une application d'analyse automatisée de photos de taches rouges pour fournir une probabilité vis-à-vis des Erythèmes Migrants (EM)



2018 2019 2020 2021 2022 2023  
07 10 01 04 07 10 01 04 07 10 01 04 07 10 01 04 07



- T1 : développement modèle d'analyse d'image
- T2 : développement de l'application
- T3 : déploiement de l'application
- T4 : analyse des données et recommandation

## Objectif

Développer puis entrainer un réseau de neurones à localiser en temps réel un EM

## Contrainte principale

Avoir un nombre suffisant de photos pour la phase d'apprentissage du réseau de neurones

## Thèse de Doctorat en informatique

Early diagnosis of Lyme disease by recognizing Erythema Migrans skin lesion from images utilizing deep learning techniques.

**Imran HOSSAIN** – de mars 2020 à mars 2023

**Encadrants** : E. MEPHU-NGUIFO (LIMOS), J. DE GOËR (INRAE EPIA)

## Constitution du jeu d'images pour entrainer le réseau de neurones

D. Martineau (CHU Clermont-Ferrand) et J. De Goër (INRAE)

### - Origine des images :

Projet de recherche Lymesnap, médecins des CRMVT et CCMVT, publications, particuliers, internet

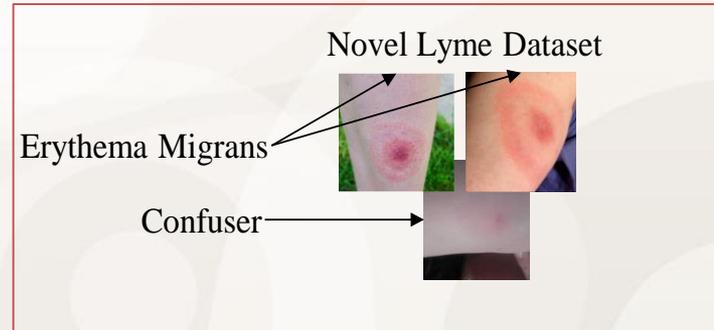


### - Tri et classification des images par deux médecins :

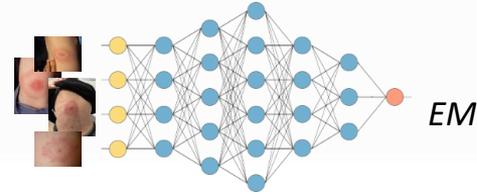
Infectiologue et dermatologue - J. Beytout et V. Corbin (CHU Clermont-Ferrand)

### - Images acquises (1672)

Erythème migrant	866
Non EM	806



## Méthodes d'Intelligence Artificielle



Ensemble de méthodes et de techniques permettant à une machine d'imiter le fonctionnement du cerveau humain via l'utilisation de réseaux de neurones artificiels

Avancés significatives dans de nombreux domaines

Analyse du texte, traduction automatique...

Reconnaissance et classification d'images, d'objets...

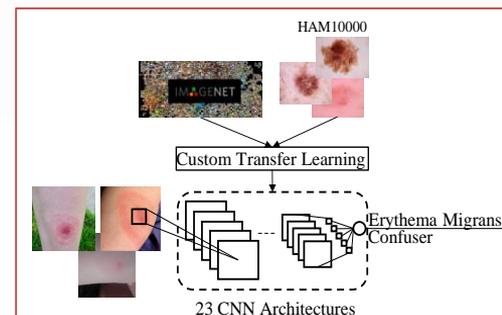
**En santé humaine (Aide au diagnostic)**

Reconnaissance de mélanomes (Esteva et al; 2017, Haenssle et al. 2018, Tschandl et al. 2020)

Maladie de Lyme : détection des EM à partir d'images (Burlina et al., 2018)

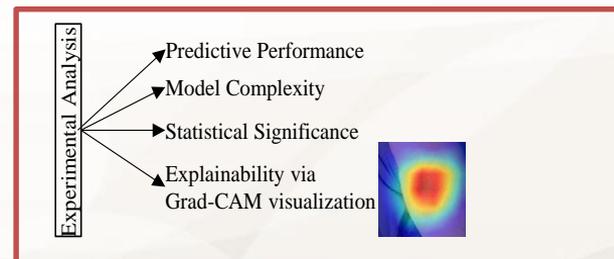
## Réseau de neurones

- Développement et entraînement du réseau de neurones à partir du jeu de 1672 images : Méthode d'apprentissage par transfert (transfer learning)
- Test de 23 architectures de réseaux de neurones pour évaluer leur sensibilité et leur consommation en ressources (nb de photos nécessaires).



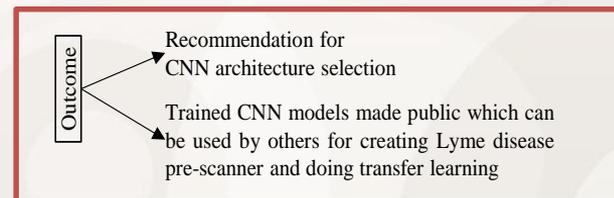
## Caractérisation des modèles

Cartographie d'activation de classe par gradient

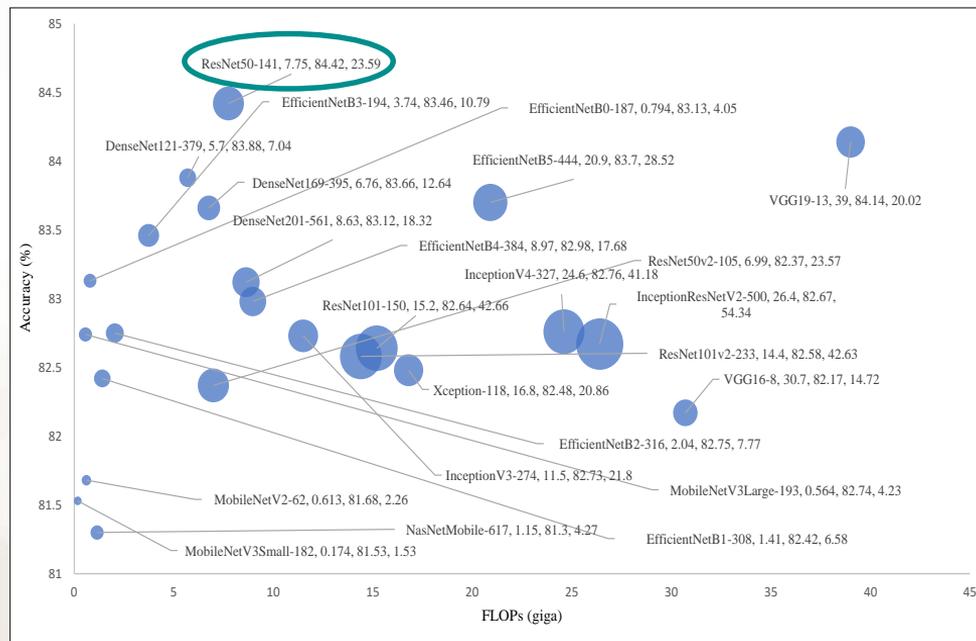


## Sélection des modèles

Performance prédictive



## Choix du meilleur modèle IA



### Modèle sélectionné

**ResNet50-141**

basé sur l'architecture  
ResNet personnalisée

### Exactitude de classification

84,4 % ± 1,4

Sensibilité 87,9 % ± 1,5

Spécificité 80,7 % ± 3,6

### Comparaison Précision du modèle et Rapidité de calcul

● Taille en fonction du nombre de paramètres du modèle (million d'unités)

Première publication le 10-01-2022

*Hossain et al. 2022. Computer Methods and Programs in Biomedicine*

Computer Methods and Programs in Biomedicine 215 (2022) 106624



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Computer Methods and Programs in Biomedicine

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cmpb](http://www.elsevier.com/locate/cmpb)



Exploring convolutional neural networks with transfer learning for diagnosing Lyme disease from skin lesion images



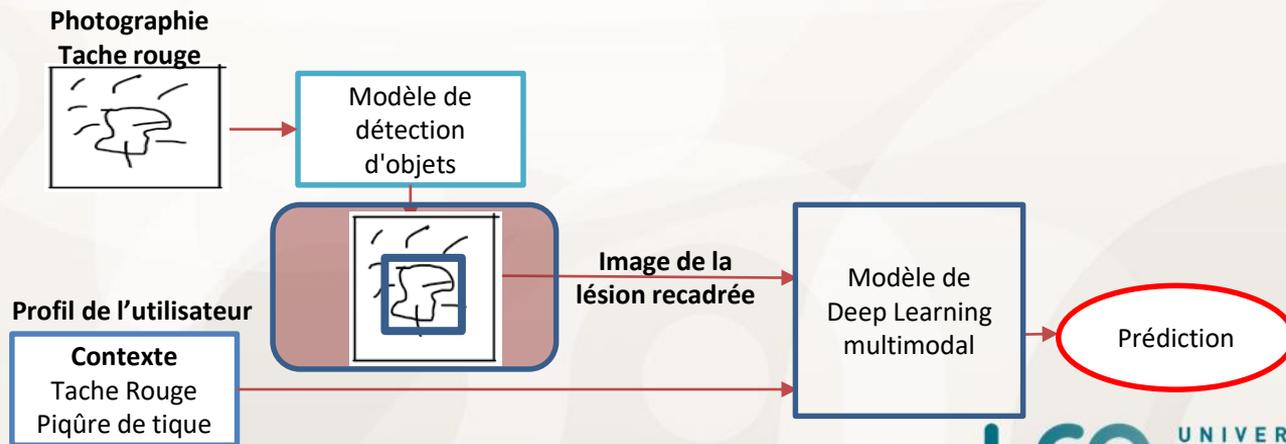
Sk Imran Hossain<sup>a</sup>, Jocelyn de Goër de Herve<sup>b,c</sup>, Md Shahriar Hassan<sup>a</sup>,  
Delphine Martineau<sup>d</sup>, Evelina Petrosyan<sup>d</sup>, Violaine Corbin<sup>d</sup>, Jean Beytout<sup>e</sup>,  
Isabelle Lebert<sup>b,c</sup>, Jonas Durand<sup>f</sup>, Irene Carravieri<sup>g</sup>, Annick Brun-Jacob<sup>f</sup>, Pascale Frey-Klett<sup>h</sup>,  
Elisabeth Baux<sup>i</sup>, Céline Cazorla<sup>j</sup>, Carole Eldin<sup>k</sup>, Yves Hansmann<sup>l</sup>, Solene Patrat-Delon<sup>m</sup>,  
Thierry Prazuck<sup>n</sup>, Alice Raffetin<sup>o,p</sup>, Pierre Tattevin<sup>q</sup>, Gwenaël Vourc'h<sup>b,c</sup>, Olivier Lesens<sup>r,s</sup>,  
Engelbert Mephu Nguifo<sup>a,\*</sup>

## Mise au point d'un premier prototype

Intégration du réseau de neurones de P. Burlina au sein d'une application mobile

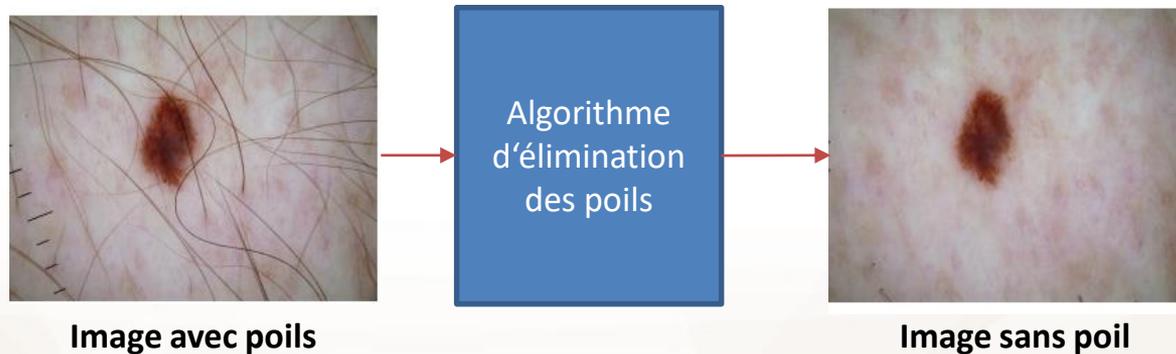
### • Objectifs :

- Évaluer le réseau de neurones de P. Burlina
- Tester la possibilité d'intégrer un réseau de neurone au sein d'une application pour smartphone
- Possibilité de faire de la détection en temps réel
- Mettre au point une méthodologie de prise de vue avec traitement de l'image



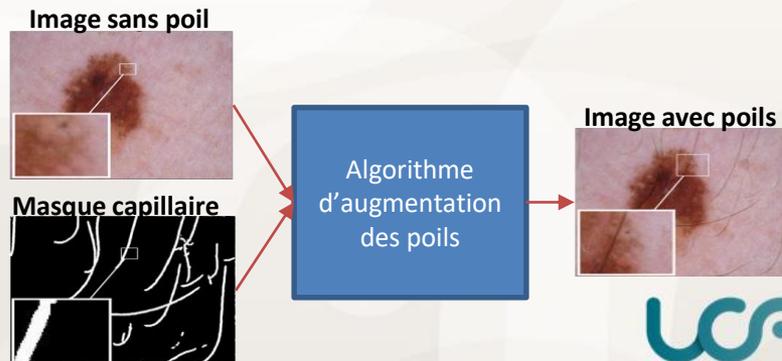
## Traitement de l'image

### Elimination des poils de la peau



**Inconvénient** : augmente la complexité de calcul lors d'une application en temps réel

Méthode inspirée  
de la technique  
inverse



## Traitement de l'image

### Repérage de la tache rouge

Result

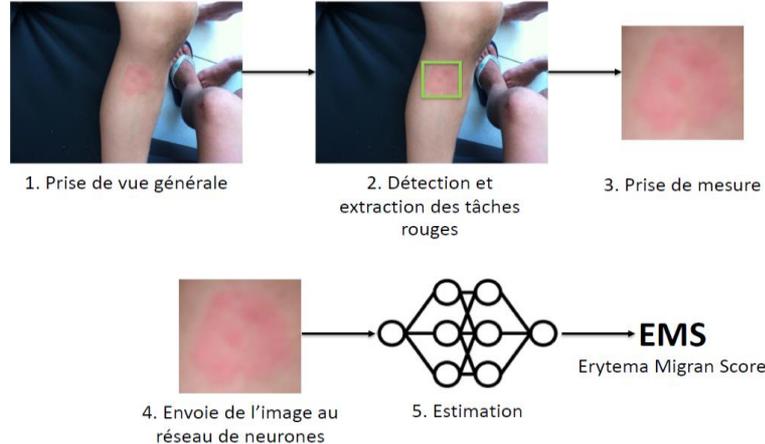
Type	Score
EM	99.98 %

Input Image

Grad-CAM Visualization

Details Close

## Premier prototype



Catégorie	Tri préalable (dermato + infectio)	Tri par l'IA
EM	866	859
Non EM	806	813

7 images  
précédemment  
étiquetées  
comme EM n'en  
étaient pas !

## Stratégie d'intégration du profil de l'utilisateur

Questions	Réponses									Pondération	
										Moyenne	std dev
Autres symptômes observés	Aucun	0	0	3	0	0	3	3	3	1.38	1.05
	Fièvre	-1	0	-1	1	1	3	0	0	0.75	0.90
	Fatigue	0	1	1	2	0	3	0	0	0.81	0.81
	Malaise	0	0	1	0	0	3	0	0	0.38	0.86
	Douleurs articulaires	1	1	-1	2	2	2	0	0	0.94	0.75
	Maux de tête	0	0	-1	0	2	1	0	0	0.56	0.79
	Démangeaison	-1	-1	-1	-1	1	-1	0	0	-0.34	0.76
Quelle est ou a été la taille maximale de cette tache	Moins de 1 cm	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-0.69	0.58
	de 1 à 5 cm	1	1	1	0	1	1	1	1	1.00	0.50
	+ de 5 cm	3	2	2	2	3	3	3	3	2.44	0.61
	Je ne sais pas	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.35
La taille de cette tache augmenta-t-elle ou a-t-elle augmentée progressivement	Oui	3	1	3	3	3	3	3	3	2.81	0.53
	Non	0	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-0.63	0.60
	Je ne sais pas	0	0	0	0	0	0	0	0	0.06	0.24
Avez-vous constaté une piqûre de tique à l'endroit de cette tache rouge au cours des 30 derniers jours ?	Oui	3	2	3	2	3	3	3	3	2.50	0.71
	Non	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.51
Fréquence des piqûres de tiques au cours des 30 derniers jours avant l'apparition de la tache rouge	Jamais	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	-0.38	0.48
	1 fois	0	0	2	1	1	3	1	1	1.19	0.73
	2 à 5 fois	1	1	3	1	1	3	1	1	1.56	0.79
	plus de 5 fois	2	2	1	2	2	3	2	2	1.88	0.70
Activités de plein air au cours des 30 derniers jours avant l'apparition de la tache rouge	Oui	1	1	2	2	1	2	2	2	1.75	0.56
	Non	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-0.63	0.60

16 infectiologues ont attribué une note de -1 à 3 aux réponses du questionnaire de contexte

-1 = en défaveur d'un EM

0 = non pertinent par rapport au risque d'EM

1 = risque d'EM possible

2 = risque d'EM probable

3 = risque d'EM avéré

Obtention d'une pondération moyenne aux réponses du questionnaire associé à la photo

## Stratégie du calcul de risque de probabilité d'un EM

Analyse de la photo  
50 %

Scanner

La photo doit être centrée et nette pour garantir la qualité de l'analyse

Veuillez prendre la tache dans son ensemble

Faites-vous aider pour prendre la photo

Photo correcte ✓



Photo floue ✗



III ○ <

Analyse des données pondérées du questionnaire de contexte  
50 %

Questions sur les symptômes

Date d'apparition de la tache rouge

Choisir une date  Date inconnue

Questions sur la tache

Quelle est ou a été la taille maximale de cette tache ?

0-2 cm  2-5 cm  5cm +

La taille de cette tache augmente-t-elle ou a-t-elle augmenté progressivement ?

Oui  Non  Ne sais pas

Avez vous observé d'autres symptômes en même temps que la tache rouge ?

Oui  Non

Avez-vous constaté une piqûre de tique à l'endroit de cette tache rouge au cours des 30 derniers jours précédant l'apparition de la tache rouge ?

Oui  Non

Question suivante

Question sur la piqûre

Date de la piqûre ?

Choisir une date  Date inconnue

Date du retrait de la tique

Choisir une date  Non retirée

Si vous connaissez le lieu géographique de la piqûre, merci de nous l'indiquer *connexion internet requise*

Choisissez un lieu  Lieu inconnu

Question suivante

Epidémio



## Développer une application mobile exploitant le réseau de neurones

Développeur, CDD Yann Frenco

Public visé : Toute personne suspectant un érythème migrant après piqûre de tique, en France métropolitaine

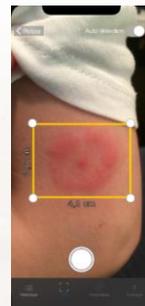
Plateforme : Application pour smartphones Android et iPhone

### Présentation de l'application

- Prise de photo
- Réponses au questionnaire de contexte
- Analyse des renseignements donnés

### Autres informations

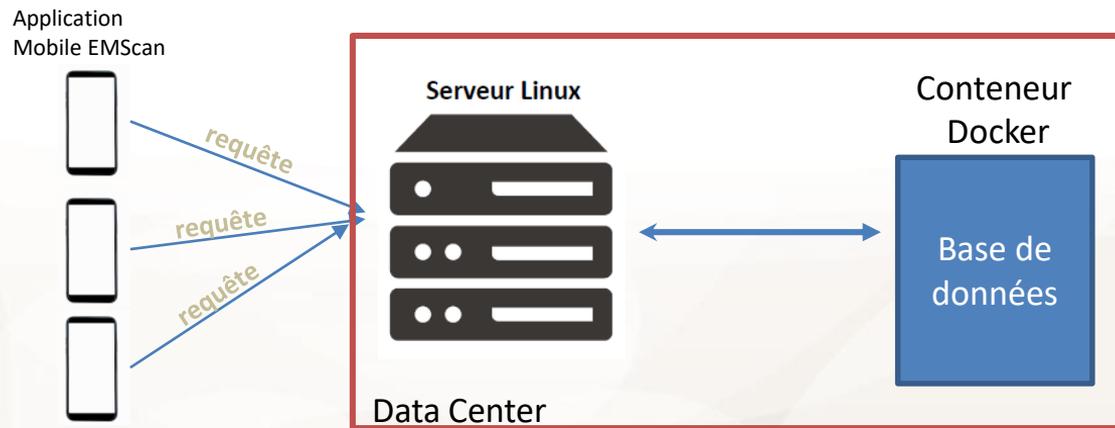
- Historique des utilisations
- Informations sur maladie de Lyme et érythème migrant
- Informations sur le projet
- Mentions légales : Conditions Générales d'Utilisation



**Score**  
Érythème  
migrant ou  
non

## Développer une application mobile exploitant le réseau de neurones

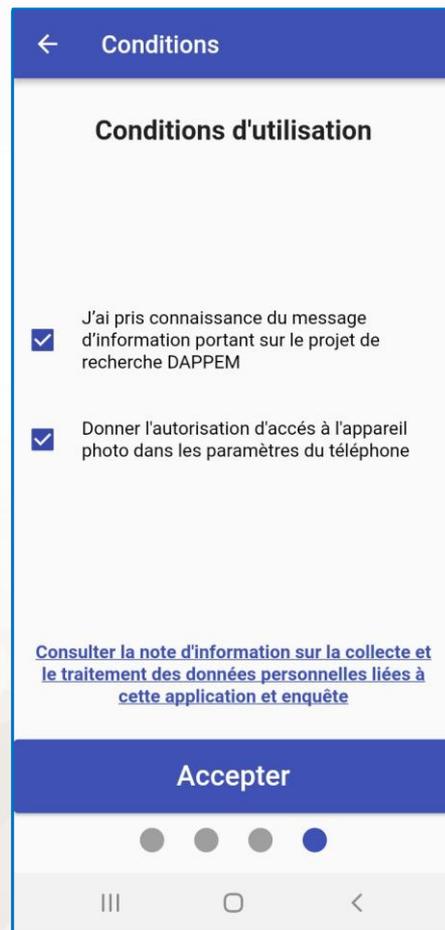
### Développement sous Flutter



Test de l'ergonomie de l'application : panel de 15 testeurs : ONF, MSA, CNPF

Test de l'application : en période d'activité des tiques avec ONF, MSA, CNPF

## Version test de l'application mobile



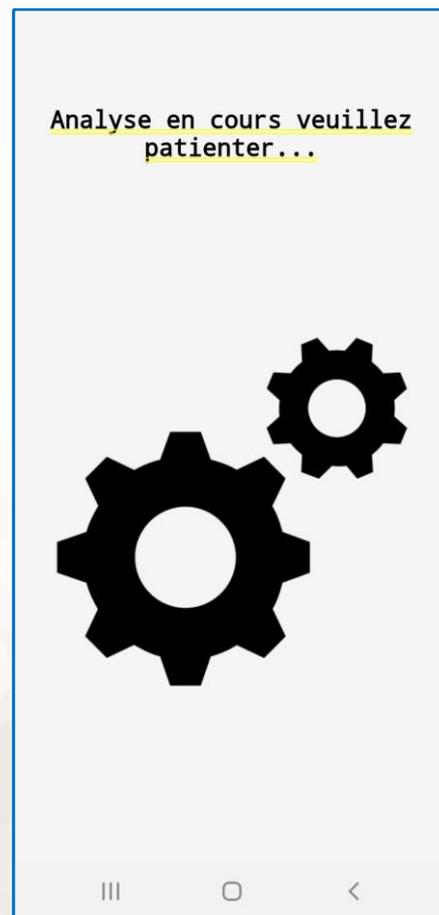
## Version test de l'application mobile

Saisie de la photo



## Version test de l'application mobile

Saisie des données du questionnaire



## Version test de l'application mobile : Les résultats possibles



Pour un risque évalué  
de 0 à 50 %



Pour un risque évalué  
de 50 à 75 %



Pour un  
risque évalué  
de 75 à 100 %

## Version test de l'application mobile

### Message final



## ➤ Quelques difficultés à surmonter...

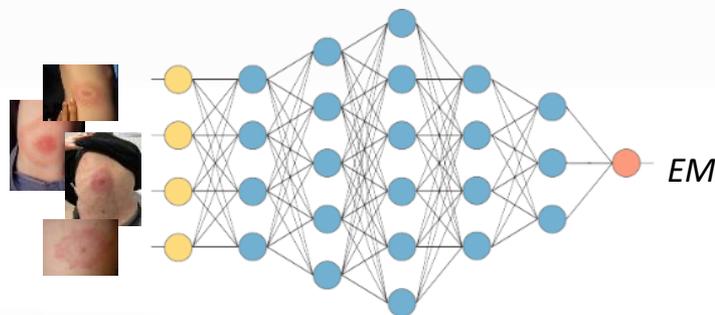
Ajout d'un réseau de neurones pour la détection de peau  
En test actuellement

ANSM - Guichet innovation et orientation  
Dispositif médical ???

**ou** Validation par un comité d'éthique  
Pour pouvoir publier dans certaines revues...

Rédaction des CGU  
Direction des affaires juridiques d'INRAE

Diffusion de l'application  
Campagne de communication + traduction en anglais



- **1600 photos supplémentaires** permettront de continuer l'entraînement du réseau de neurones et d'**atteindre une exactitude de classification de 95 %**.

## Objectifs et conséquences...

- Réduction des formes tardives de borréliose de Lyme
- Incidence de la maladie de Lyme en France et par zone géographique
- Amélioration continue de la précision de l'application
- Intégration d'EMscan à CiTIQUE
- Base de données des photos en archive ouverte
- Elaboration d'un e-learning sur l'érythème migrant à destination des soignants



INRAE

UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

anses

TOUS  
RECHERCHEURS



**Merci de votre attention**