

# Avenir de la détection du sepsis avec l'IA

Dr. Sylvain Meylan,  
Rachid Akrou, ICLS,  
Giorgia Carra,  
Raphaël Matusiak,  
Jérémie Despraz,  
Santino Pepe.

4 octobre 2024

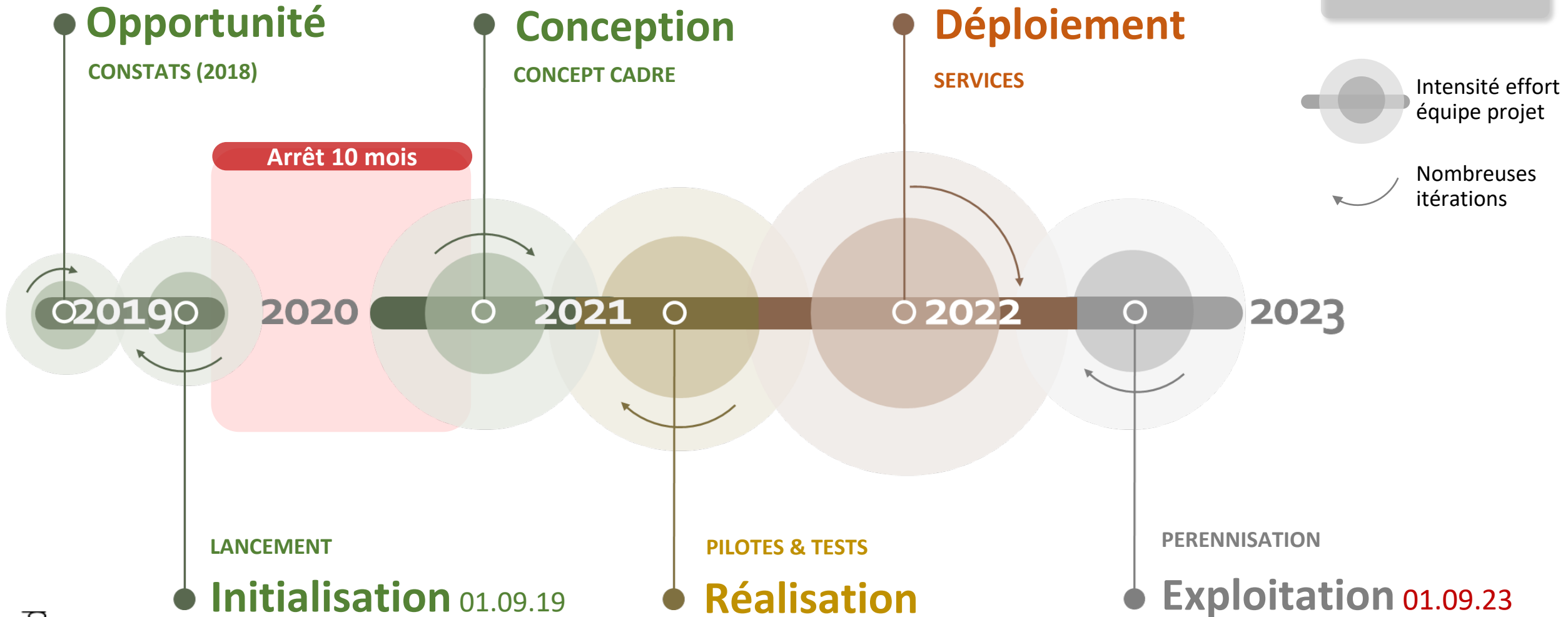
# Agenda

- Genèse
- Sepsis Project - Résultats
- Perspectives & limites

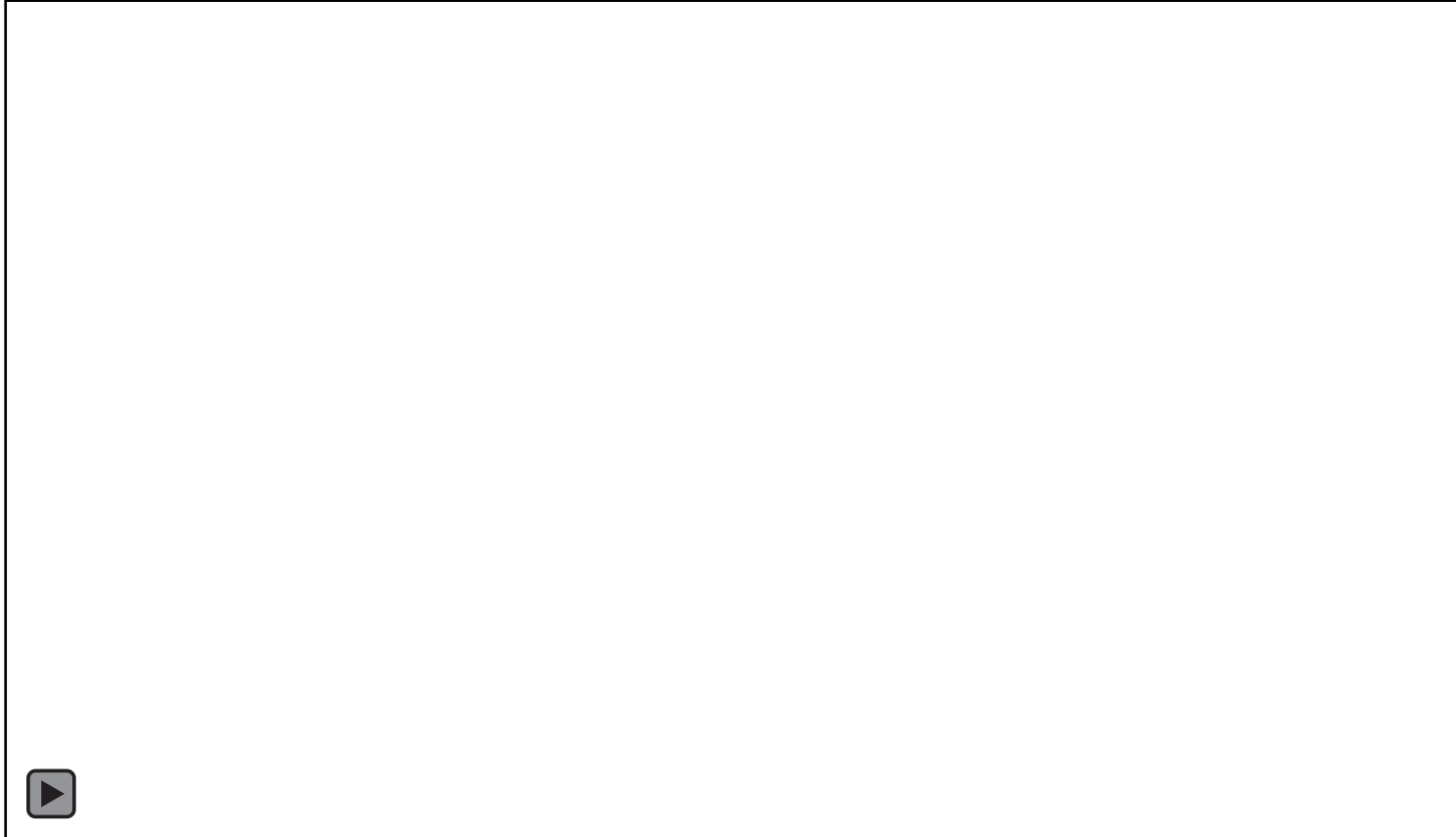
# Genèse

# Genèse

# Planification

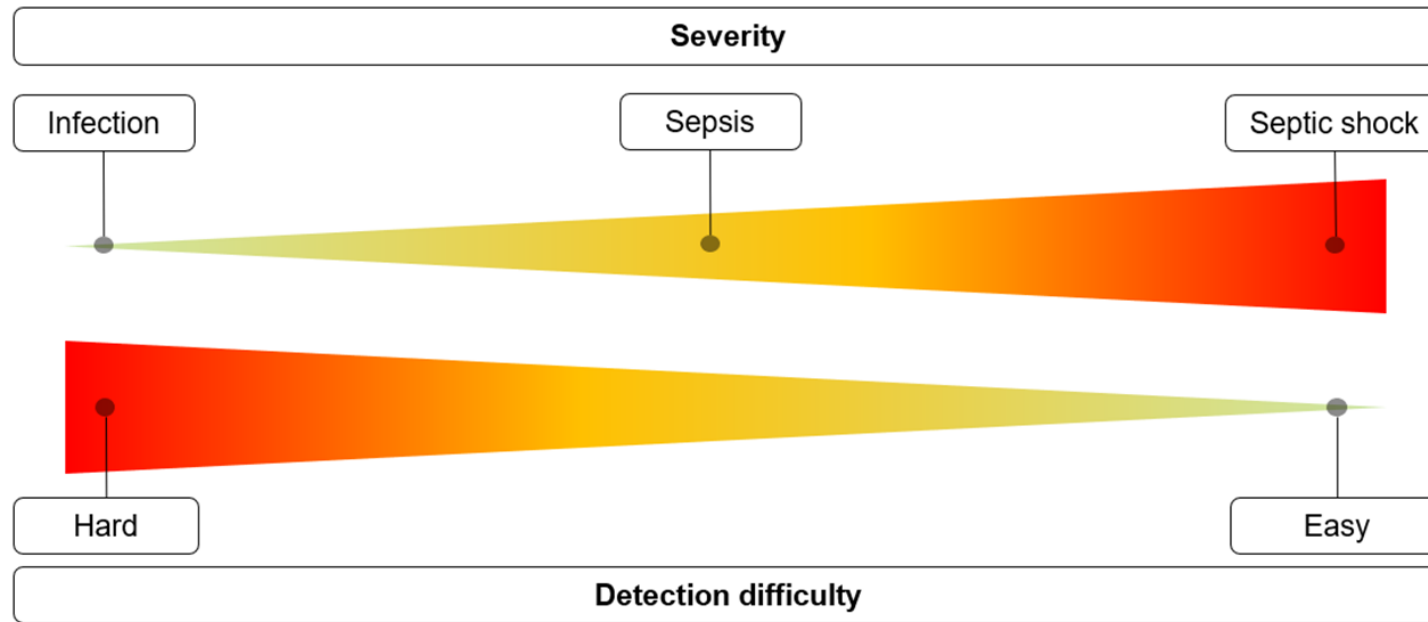


# Genèse





# Genèse



# Genèse

# Définitions



1991

Sepsis 1

2001

Sepsis 2

2016

Sepsis 3

## SIRS

- Temperature  $>38$  or  $<36$
- Heart rate  $>90/\text{min}$
- Respiratory rate  $> 20/\text{min}$  or  $\text{PaCO}_2 < 32 \text{ mmHg}$
- White blood cell count  $>12\ 000$  or  $<4\ 000/\mu\text{l}$

## Sepsis

- 2 or more SIRS criteria
- Strong suspicion as underlying cause

## Severe Sepsis

- Sepsis associated with organ dysfunction, hypoperfusion, or hypotension

## Septic Shock

- Severe sepsis with hypotension despite adequate fluid resuscitation, along with presence of perfusion abnormalities that may include, but are not limited to, lactic acidosis, oliguria, or an acute alteration in mental status

SIRS – unchanged

## Sepsis

- 2 or more SIRS criteria and presence of infection
- More guidance provided for objective diagnostic criteria of sepsis, including general variables, inflammatory variables, hemodynamic variables, organ dysfunction variables, and tissue perfusion variables
- PIRO staging system for sepsis, to help stratify patients (PIRO)

Severe Sepsis – unchanged

Septic Shock - unchanged

SIRS – No longer a term to be used

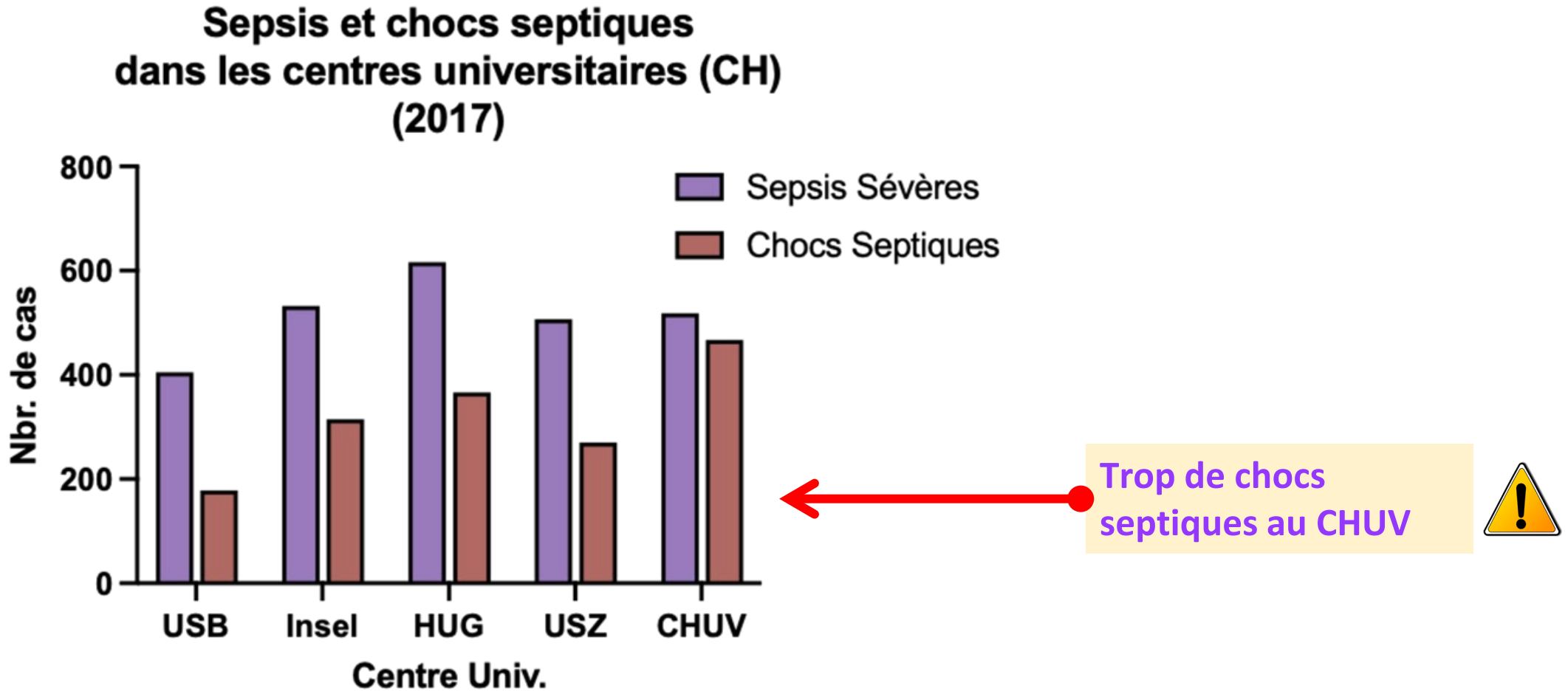
Sepsis - SOFA score 2 and suspected infection

- Components of the SOFA score:
  - Respiratory system: by  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ratio)
  - Neurological system: by Glasgow Coma Scale
  - Cardiovascular system: by mean arterial pressure or need for vasopressors
  - Liver: by bilirubin
  - Coagulation; by platelet count Renal: by creatinine

Septic Shock - Sepsis with persistent hypotension requiring vasopressors to maintain

- MAP  $65 \text{ mmHg}$ , and serum lactate level  $>2 \text{ mmol/l}$  despite adequate fluid resuscitation
- Screening for sepsis with the qSOFA score 2:
  - Altered mental status
  - SBP  $< 100 \text{ mmHg}$  and respiratory rate  $>22/\text{min}$





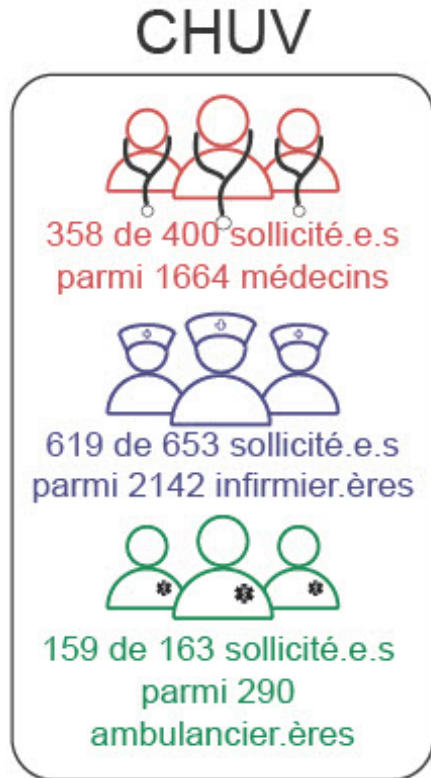
Source: OFS; T. Niemi, M.A. Le Pogam

# Genèse

## Etat des lieux 2020



Manque de connaissance chez les cliniciens



Questionnaire  
supervisé  
91.8%  
de taux  
de réponse

### Définitions:

- 13% (28.4%, 5.9% and 6.8%) utilisent les définitions consensus Sepsis-3.
- 6% savent calculer un qSOFA

### Prise en charge:

- Réanimation liquidienne et antibiotiques:  
76% en 1h, 18.2% en 3h

### Facteurs associés avec les compétences en matière de sepsis

- Formation continue récente

Source: J. Regina et al.

Besoin	Réponse
○ Identification du sepsis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoring automatique</li><li>• Algorithmes de phenotyping</li></ul>
○ Quantification du sepsis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Base de données, quantification et indicateurs</li></ul>
○ Evaluation de performances	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboration d'indicateurs<ul style="list-style-type: none"><li>• Cliniques</li><li>• Implémentables</li></ul></li></ul>
○ Financier (Codes CIM sepsis absents des lettres de sorties)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Renforcement du codage</li></ul>

## SEPSIS PROJECT

### ○ Prédiction rétrospective

- Identifier les cas manqués par le passé

### ○ Prédiction prospective

- Inférer une probabilité de sepsis pour les patients hospitalisés

Fonds : CHUV + SSP + SDSC

# Résultats

# Objectifs

## Data Science side

● Construire une **pipeline sepsis** pour **monitorer** le déploiement du programme sepsis

● Elaborer une **pipeline Machine Learning** pour identifier les cas manqués

● Construire une **Pipeline Machine Learning** pour identifier les cas de sepsis chez les patients hospitalisés



● Élaborer un **programme sepsis** pour améliorer les soins aux patients

● **Déployer** le programme à travers les services et **documenter** les cas Sepsis

## Clinical Side

# Objectifs

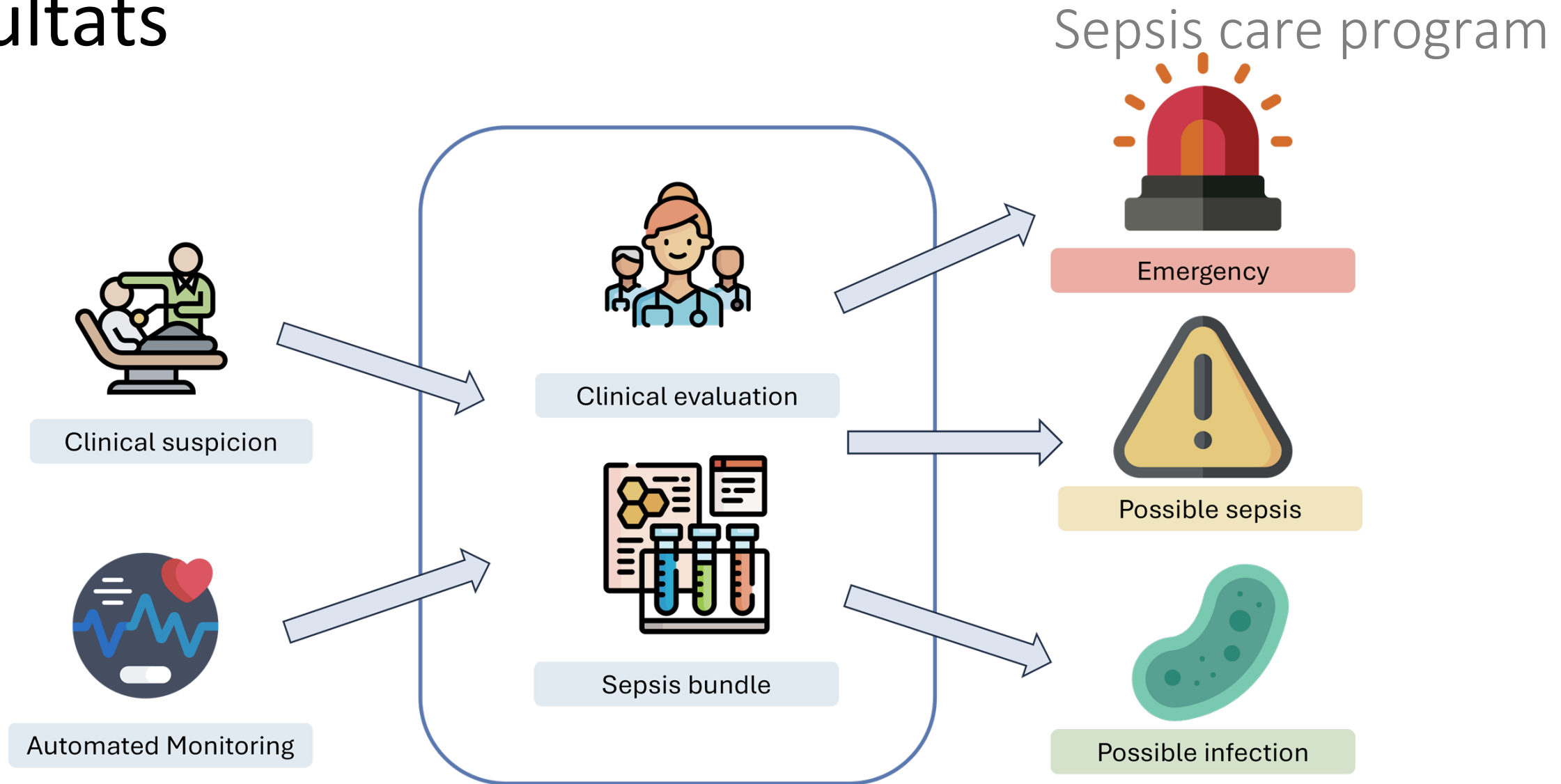
## Data Science side

● Élaborer un **programme sepsis** pour améliorer les soins aux patients

● **Déployer** le programme à travers les services et **documenter** les cas Sepsis

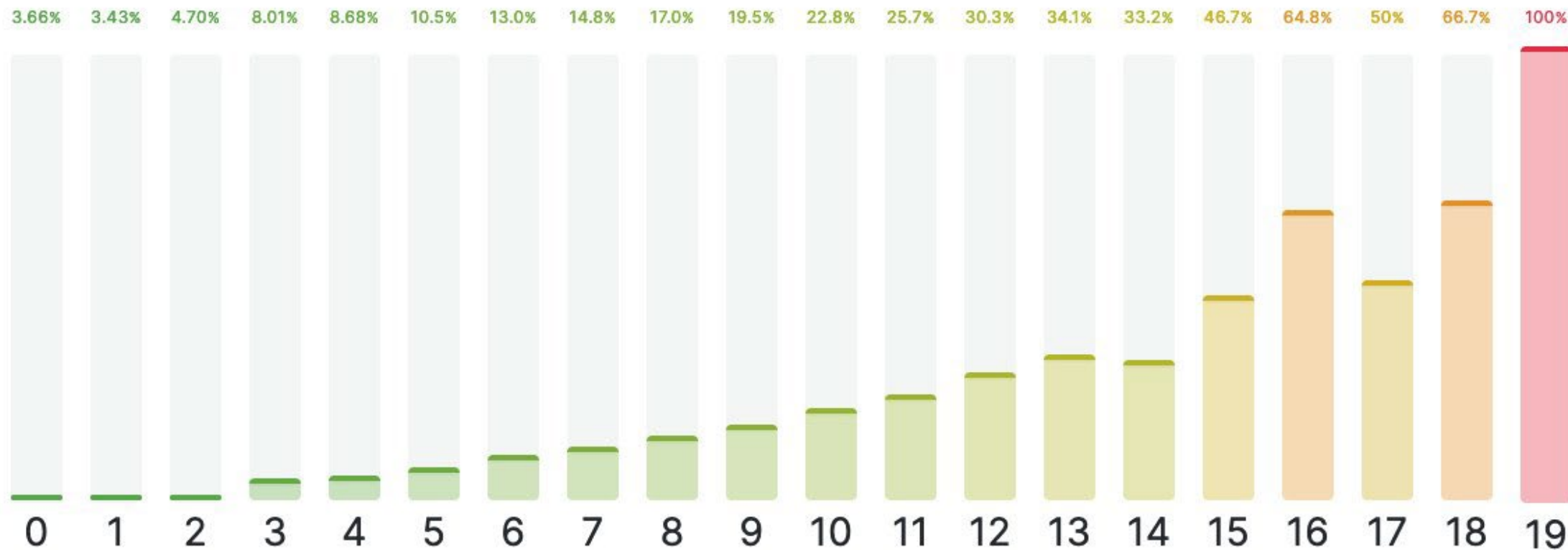
## Clinical Side

# Résultats



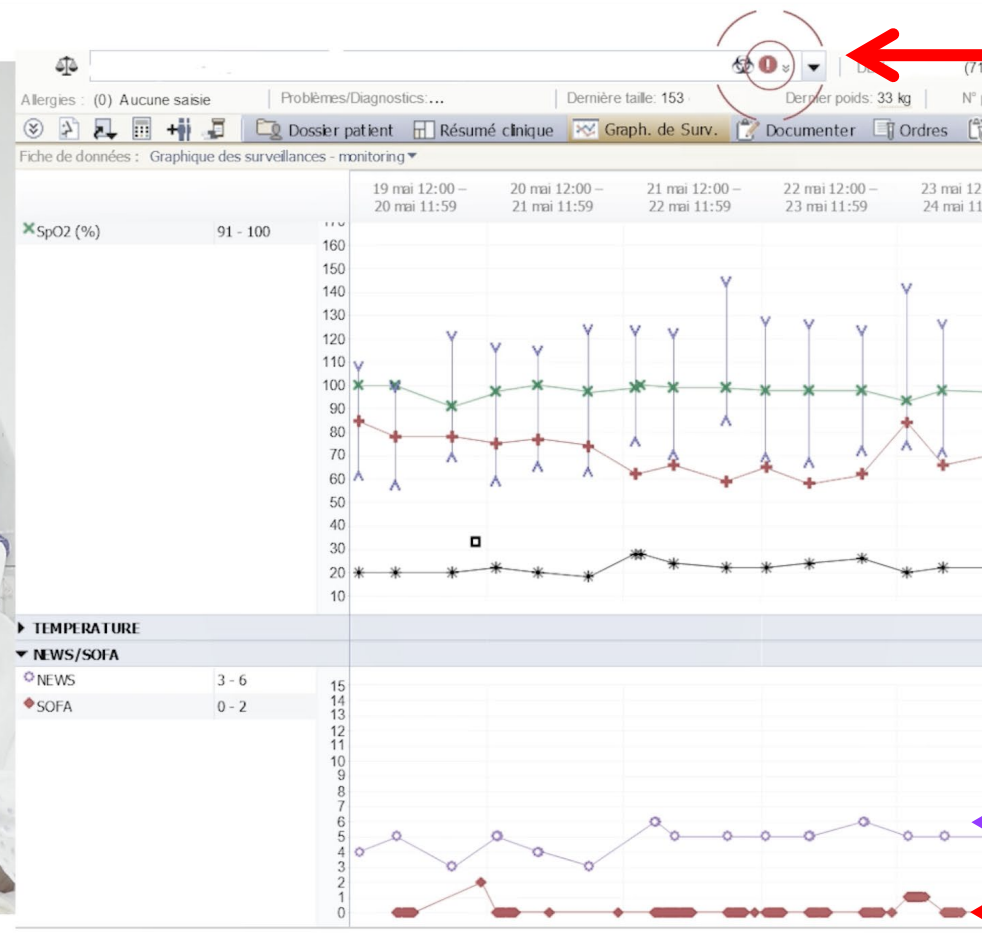


## Mortality at 30 days as a function of NEWS score



# Résultats

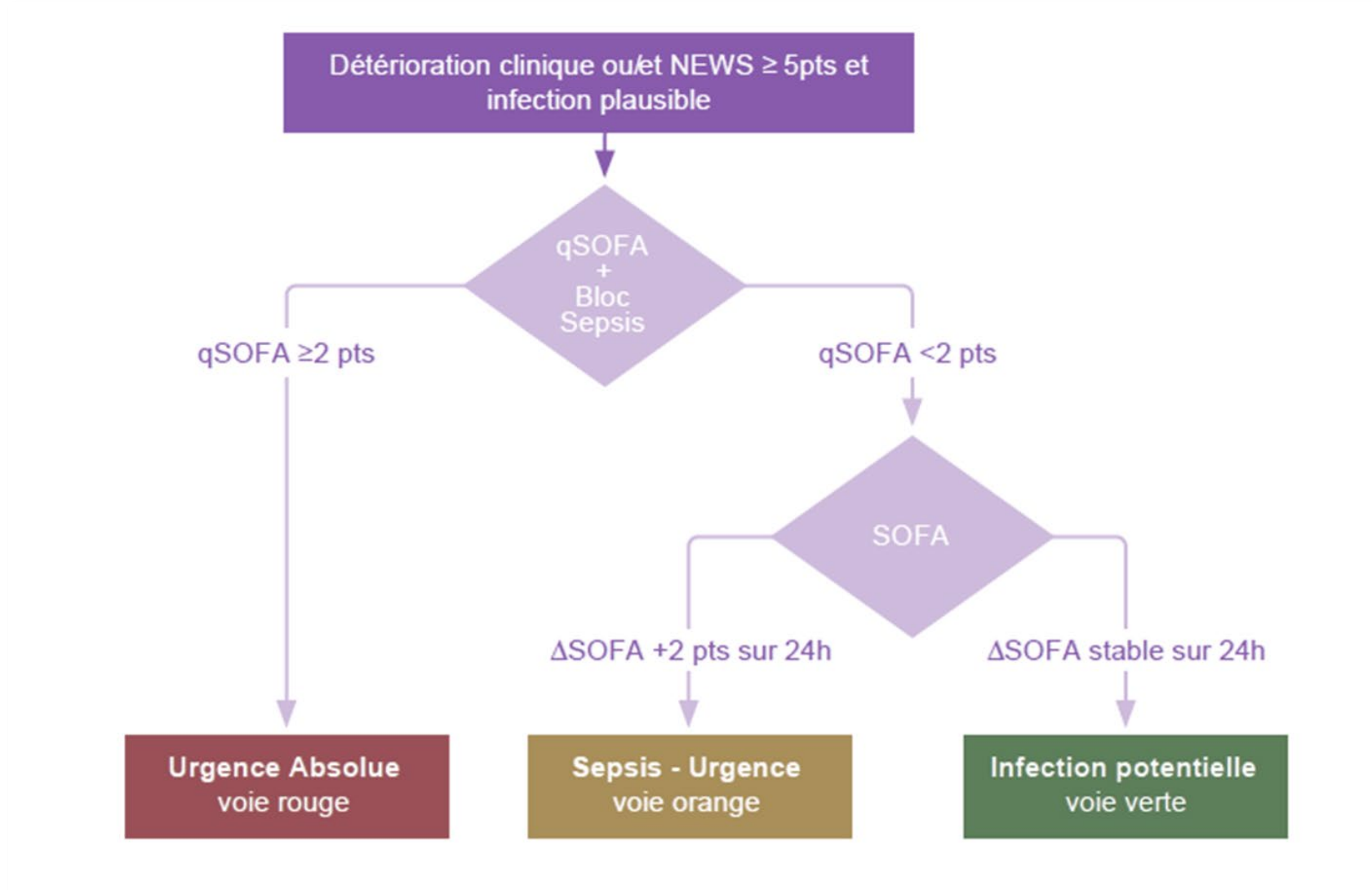
# Intégration



ALERTE  
NEWS

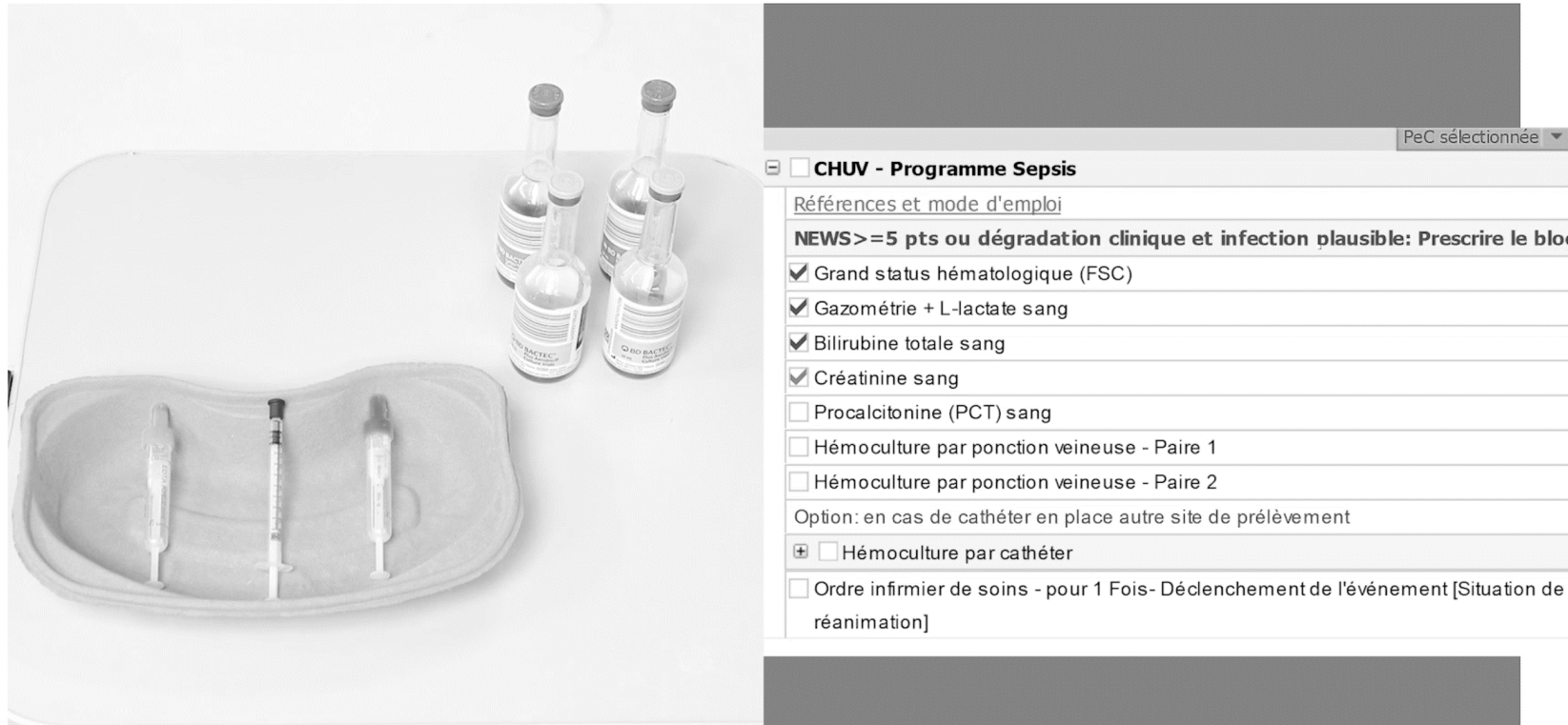
Piste  
NEWS

Piste  
SOFA



# Résultats

# Intégration



- **Lactate**  
Réanimation liquidienne
- **Chimie/hématol**  
Socre SOFA
- **ProCT**  
Antibiotic stewardship
- **Hémocultures**  
Microbiologie

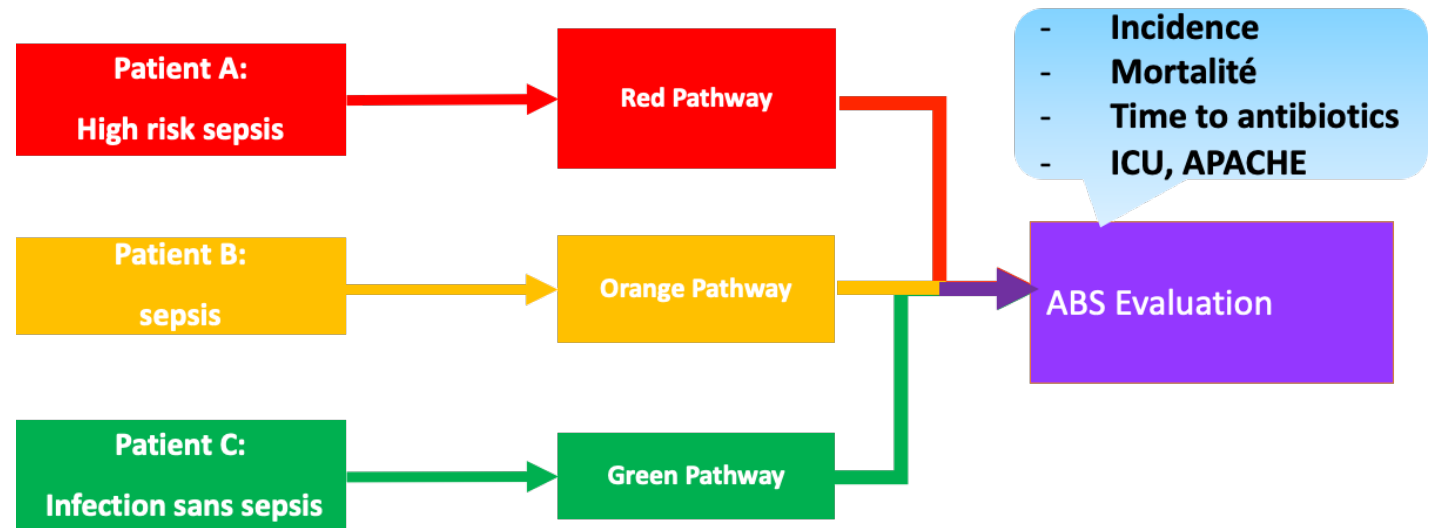
Accélère le calcul du  
score SOFA

# Documentation intégrée

- Ordre unique sepsis
  - Signal perceptible dans le DEP

- Analyse dans le Rapport
  - Temps 0
  - Sepsis oui/non
  - Recomm. Antibiotiques

- Evaluation du processus

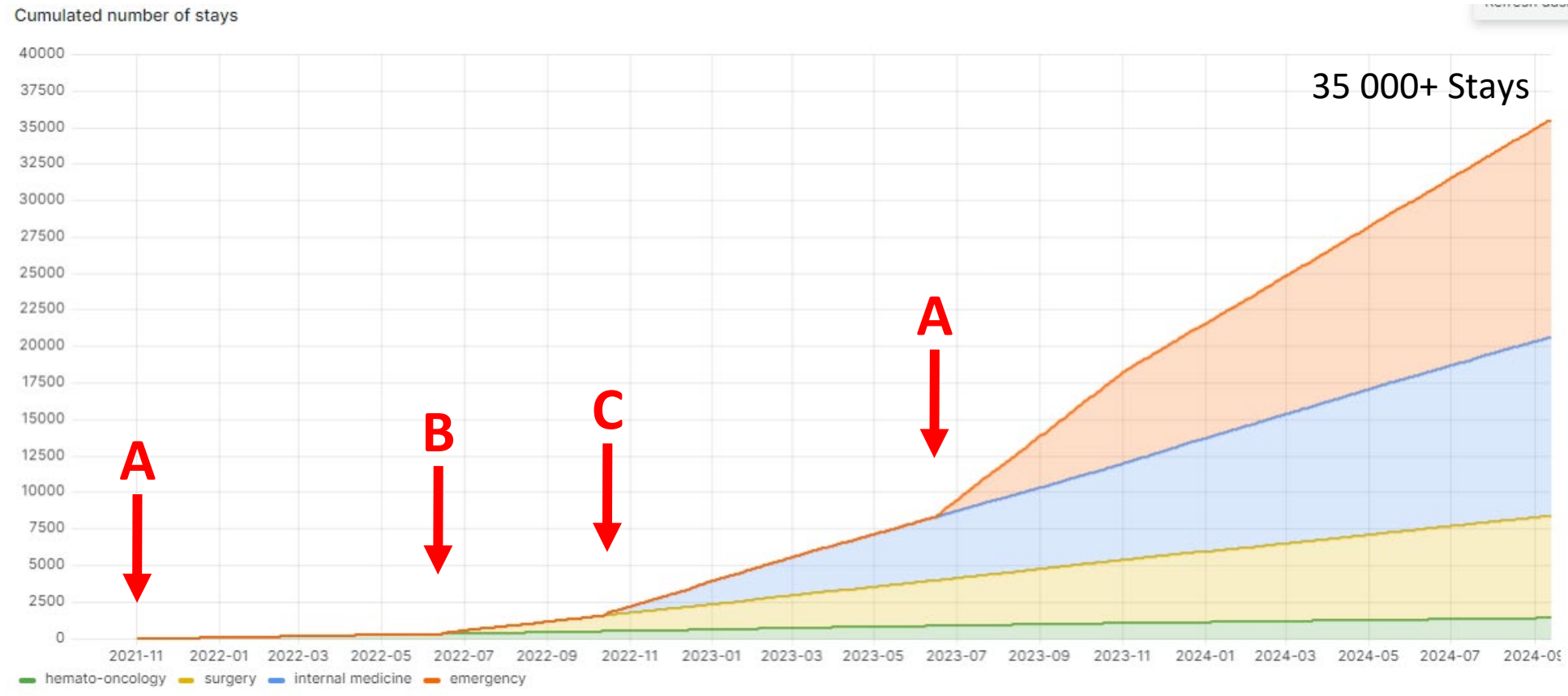


# Résultats

# Déploiement

Timeline of the sepsis program deployment measured as number of hospital stays

- A:** Hemato-oncology,
- B:** Visceral surgery,
- C:** Internal medicine,
- D:** Emergency

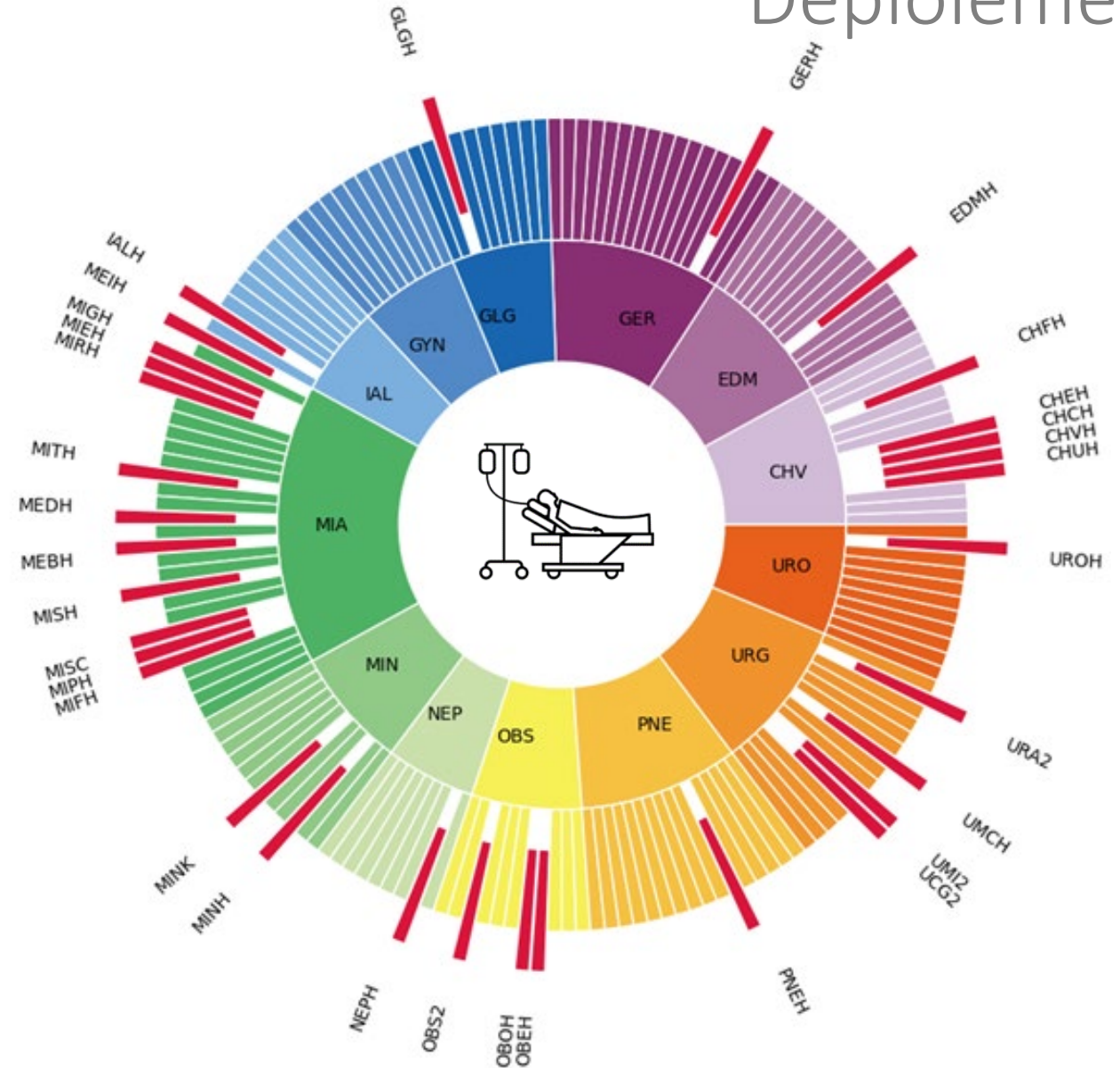




# Résultats

# Déploiement

Déployé dans:  
**14 Services (32 unités)**  
depuis novembre 2021



## Data Science side

- Construire une **pipeline sepsis** pour **monitorer** le déploiement du programme sepsis

- ✓ Élaborer un **programme sepsis** pour améliorer les soins aux patients

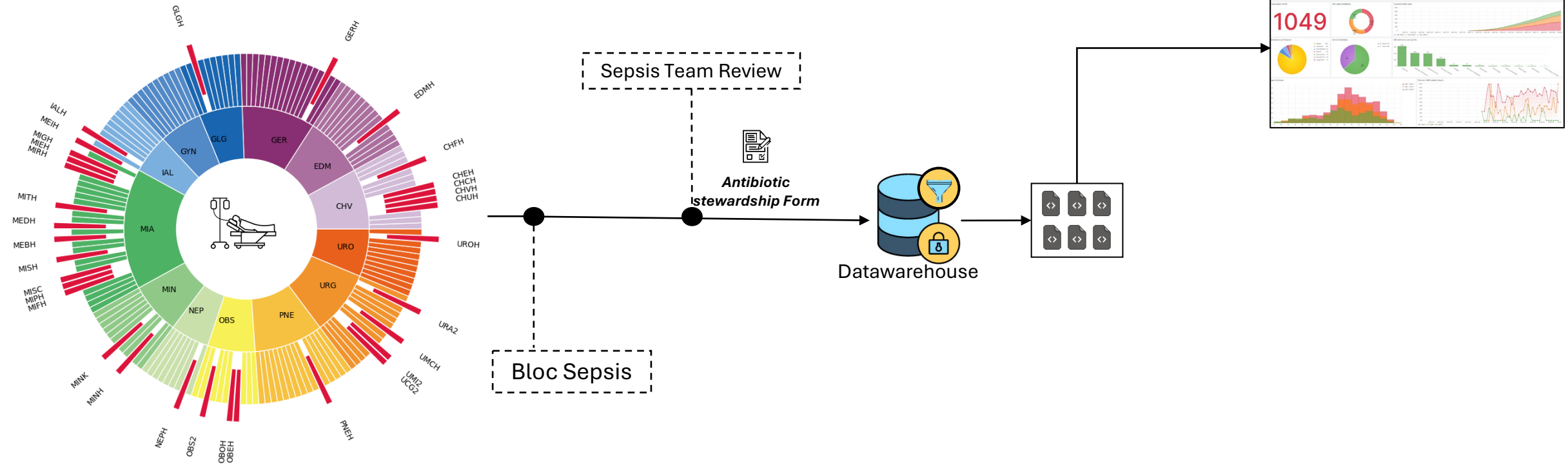
- ✓ **Déployer** le programme à travers les services et **documenter** les cas Sepsis

## Clinical Side

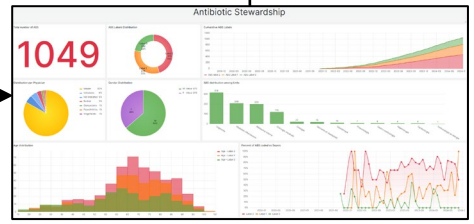


# Résultats

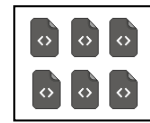
## Sepsis monitoring pipeline



- Units overview**
- NEWS
  - Time to Antibiotics
  - Mortality
  - Etc.

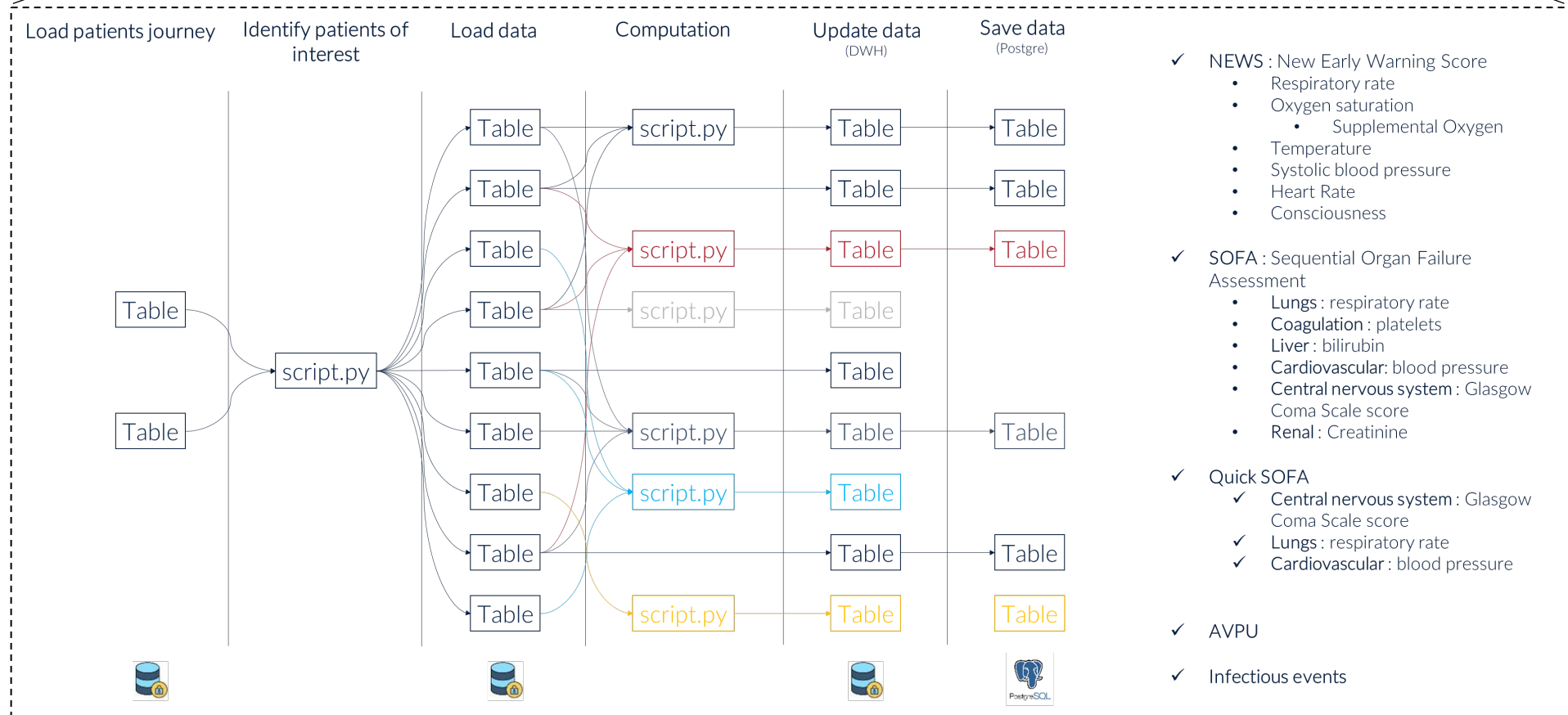


# Résultats



## Monitoring du programme Sepsis

## Sepsis monitoring pipeline



# Résultats

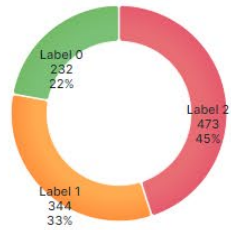
## Sepsis monitoring pipeline

### Antibiotic Stewardship

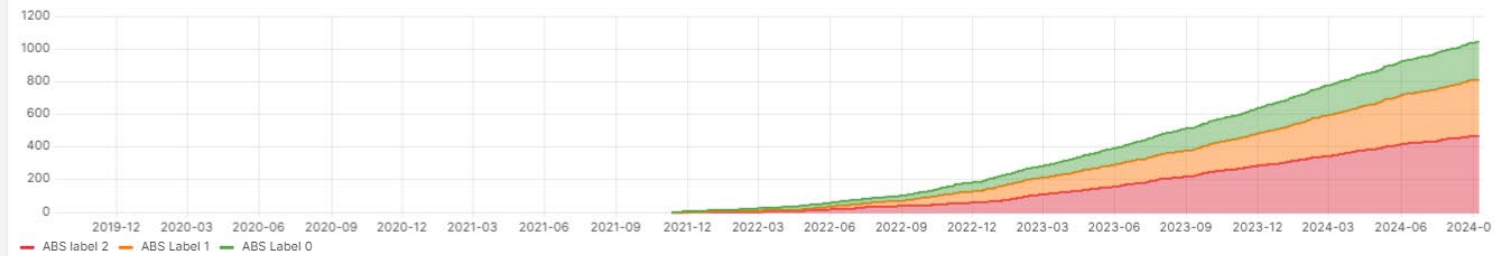
Total number of ABS

1049

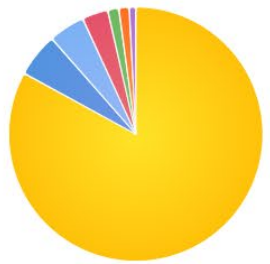
ABS Labels Distribution



Cumulative ABS Labels

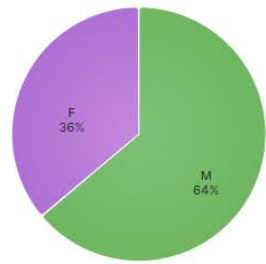


Distribution per Physician



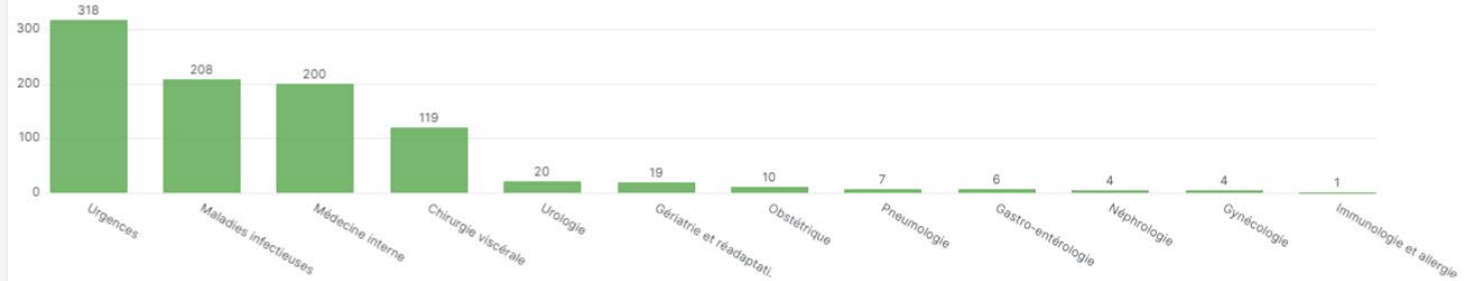
Physician	Percentage
Meylan	83%
Valladares	6%
Not indicated	5%
Rochat	3%
Glampedakis	1%
Papadimitriou	1%
Vingerhoets	1%

Gender Distribution

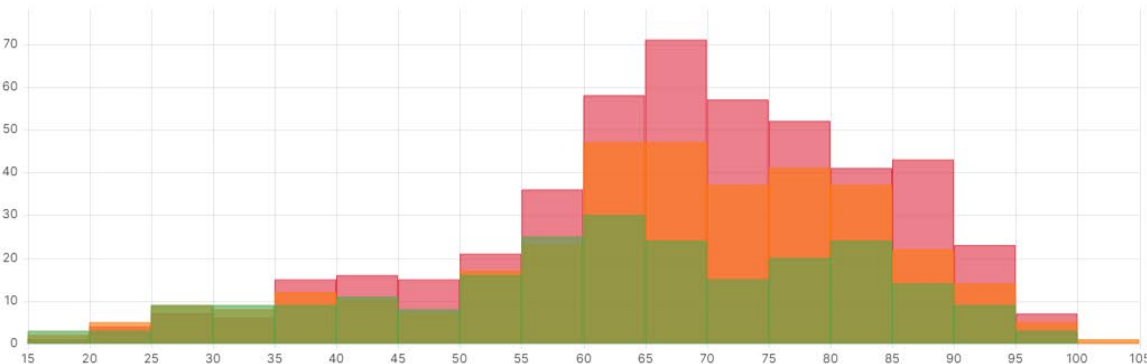


Gender	Value
M	670
F	379

ABS distribution among Units

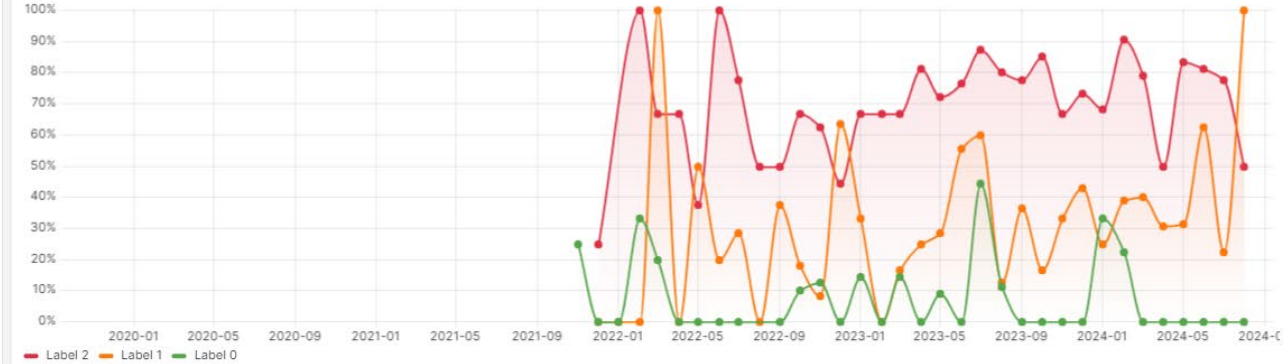


Age distribution



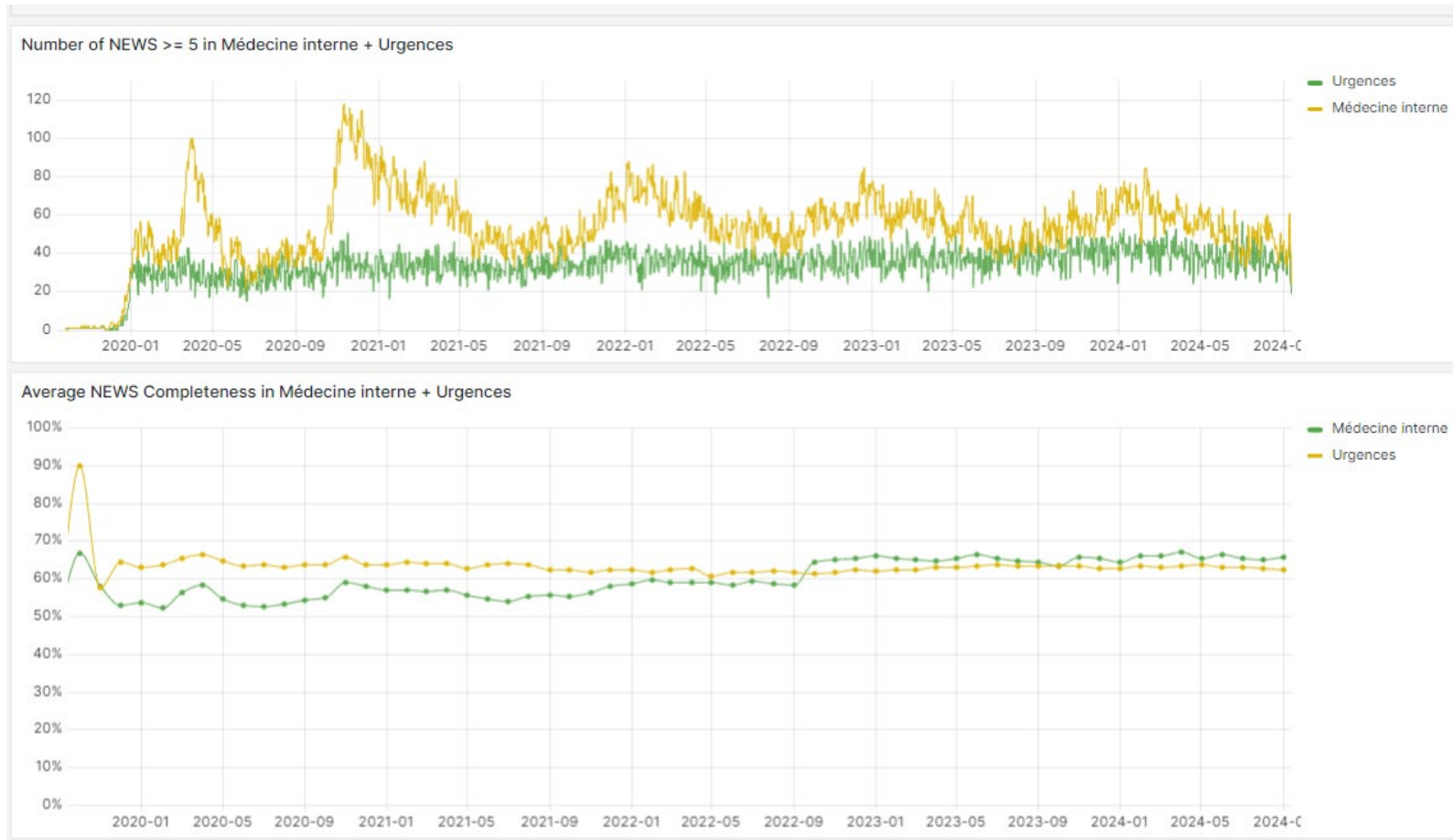
Age Group	Label 2	Label 1	Label 0
15-20	0	0	2
20-25	0	2	3
25-30	0	0	9
30-35	0	0	8
35-40	2	3	10
40-45	2	5	10
45-50	2	7	7
50-55	5	10	15
55-60	10	15	25
60-65	15	25	30
65-70	25	25	25
70-75	20	20	15
75-80	15	20	20
80-85	10	15	25
85-90	15	10	15
90-95	10	5	8
95-100	5	2	2
100-105	0	0	1

Percent of ABS coded as Sepsis




# Résultats


## Sepsis monitoring pipeline





# Objectifs

## Data Science side

 Construire une **pipeline sepsis** pour **monitorer** le déploiement du programme sepsis

 Elaborer une **pipeline Machine Learning** pour identifier les cas manqués

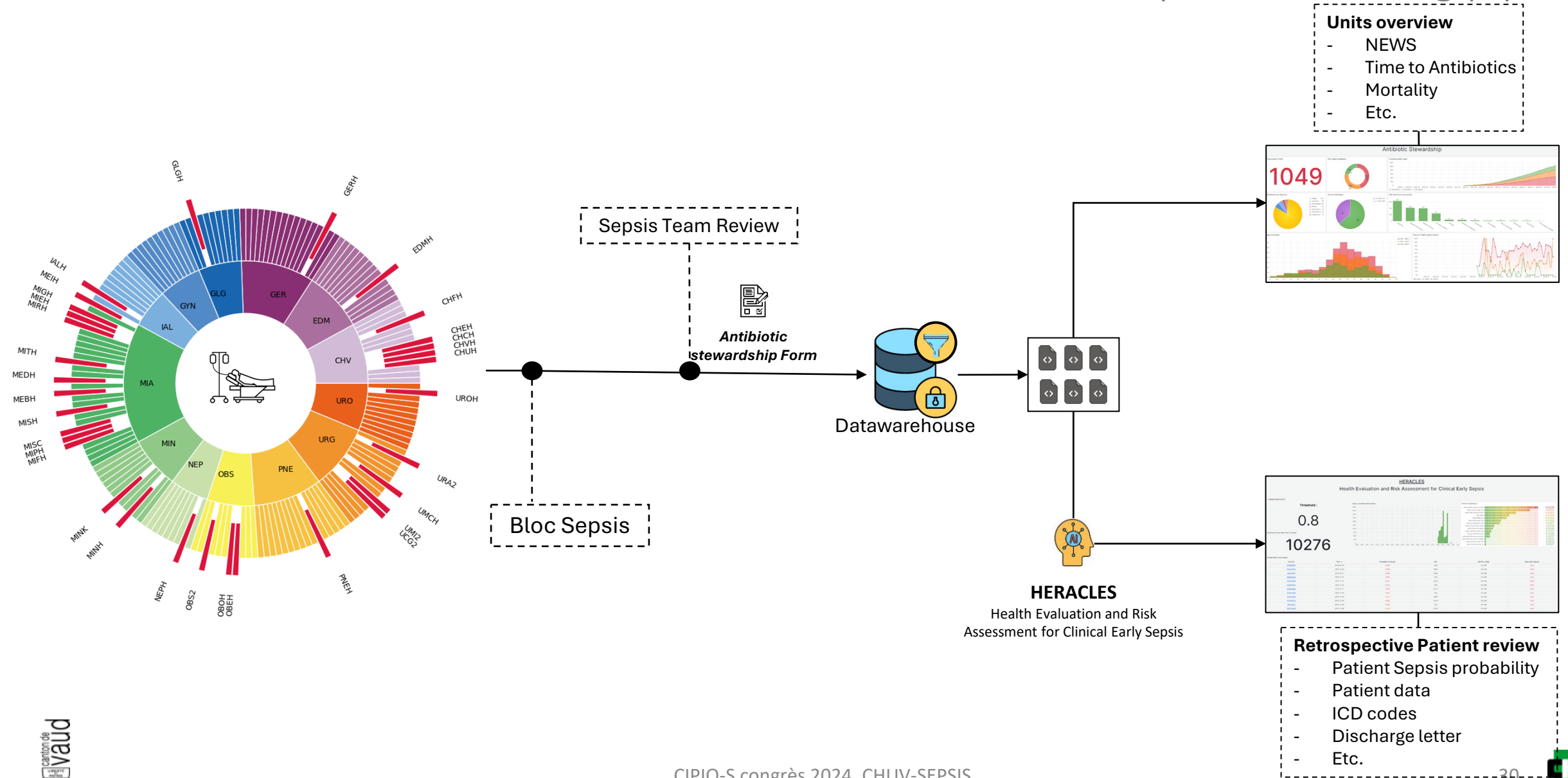
 Élaborer un **programme sepsis** pour améliorer les soins aux patients

 **Déployer** le programme à travers les services et **documenter** les cas Sepsis

## Clinical Side

# Résultats

## Sepsis monitoring pipeline

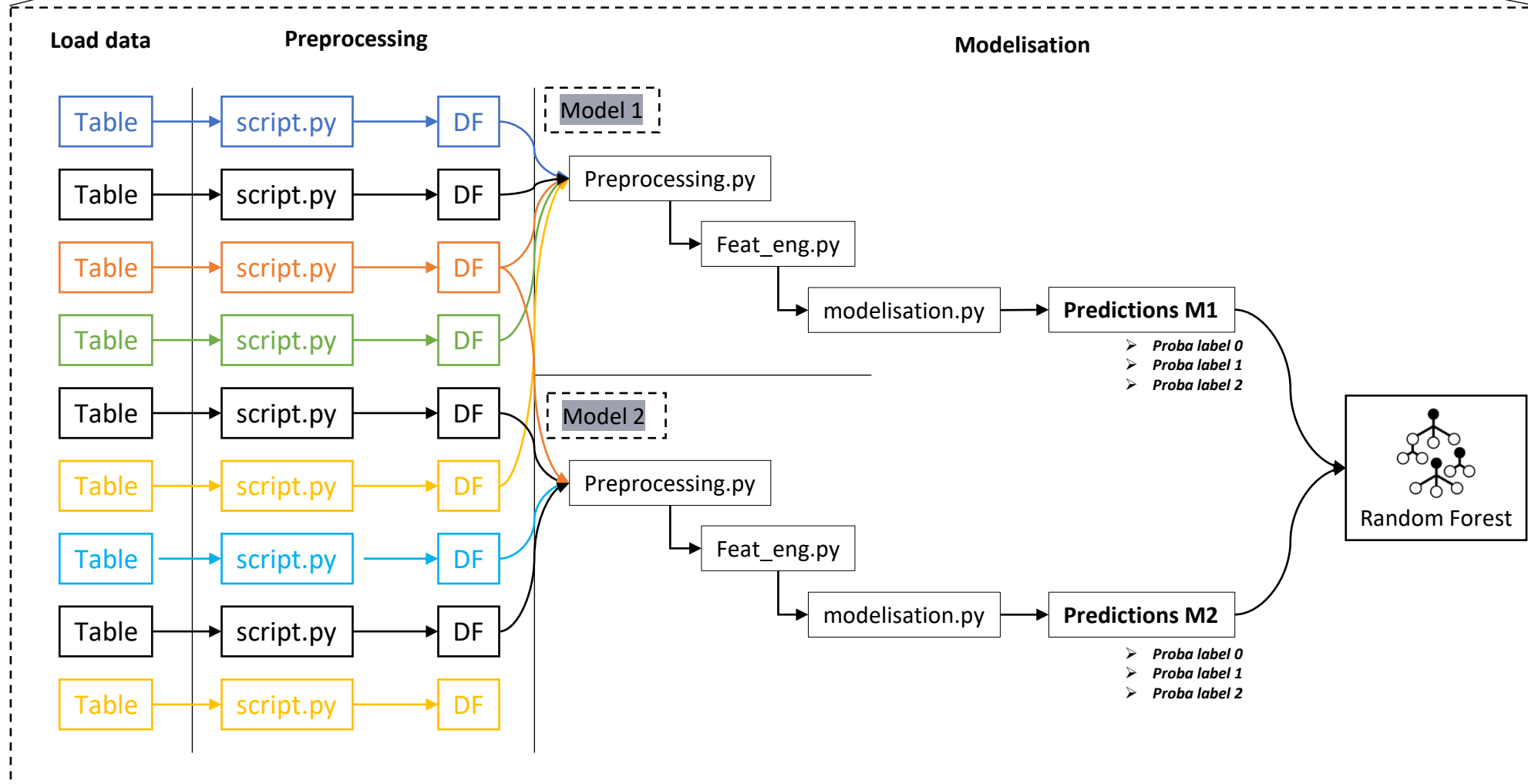


# Résultats



**HERACLES**  
Health Evaluation and Risk  
Assessment for Clinical Early Sepsis

# HERACLES





UNITS All threshold 0,0 sepsis\_label All Bloc Sepsis OUI + NON

## HERACLES

### Health Evaluation and Risk Assessment for Clinical Early Sepsis

Global Information

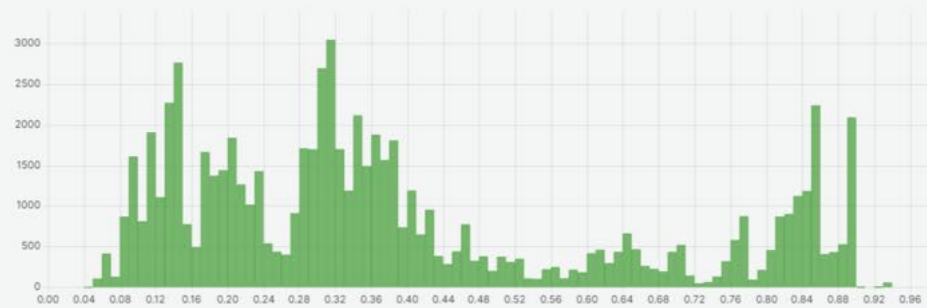
Threshold :

0.0

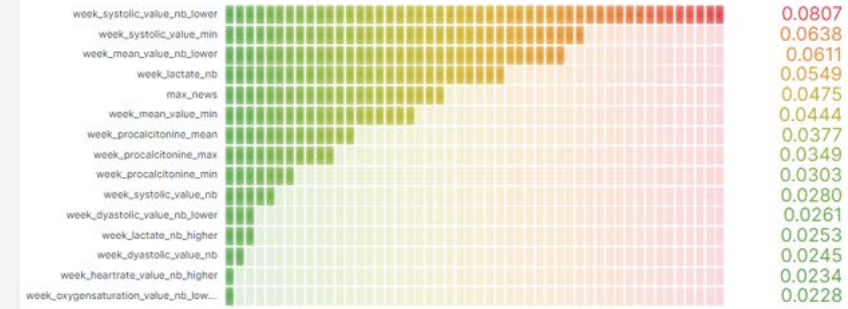
Number of stays above the threshold

71965

Sepsis probability Distribution



Feature Importance



Patient with risk of Sepsis

Stay_id	Time ↑	Probability of Sepsis	Unit	SEPSIS_LABEL	Had a Bloc Sepsis
	2019-09-08	0.890	UMI2	No ABS	false
	2019-10-20	0.889	MISC	No ABS	false
	2019-10-21	0.892	UMI2	No ABS	false
	2019-11-03	0.892	SIAI	No ABS	false
	2019-11-11	0.238	OBEH	No ABS	false
	2019-11-18	0.404	MINK	No ABS	false
	2019-11-19	0.857	UCG2	No ABS	false
	2019-11-23	0.873	SIAI	No ABS	false
	2019-11-26	0.289	UMI2	No ABS	false
	2019-11-27	0.890	CCVH	No ABS	false
	2019-11-30	0.891	SIAI	No ABS	false
	2019-12-03	0.831	MISC	No ABS	false



# Résultats

# HERACLES

UNITS All threshold 0.8 sepsis\_label All Bloc Sepsis OUI + NON

## HERACLES

### Health Evaluation and Risk Assessment for Clinical Early Sepsis

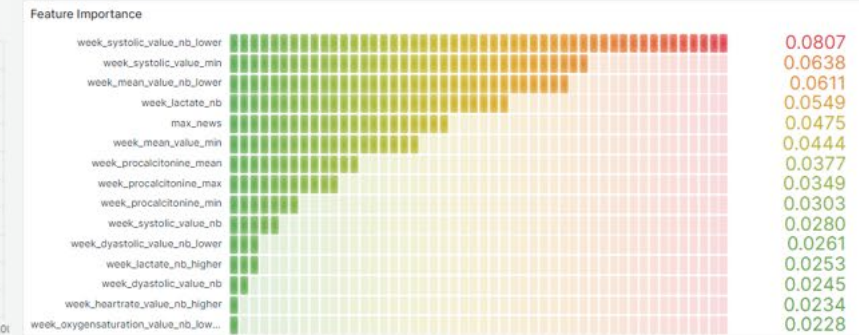
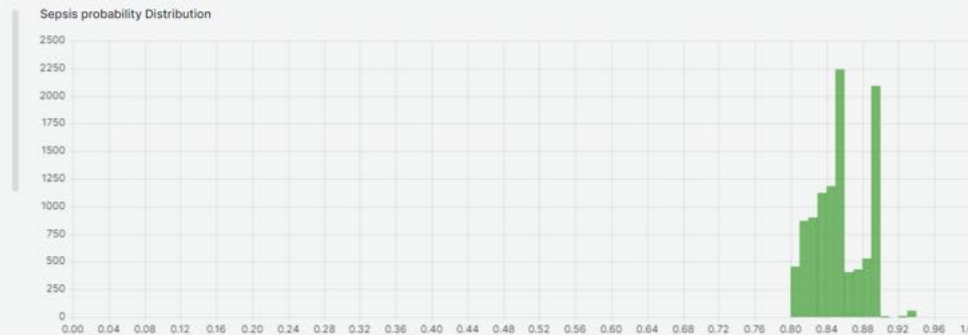
Global Information

Threshold :

0.8

Number of stays above the threshold

10276



Patient with risk of Sepsis

Stay_id	Time ↑	Probability of Sepsis	Unit	SEPSIS_LABEL	Had a Bloc Sepsis
	2019-09-08	0.890	UMI2	No ABS	false
	2019-10-20	0.889	MISC	No ABS	false
	2019-10-21	0.892	UMI2	No ABS	false
	2019-11-03	0.892	SIAI	No ABS	false
	2019-11-19	0.857	UCG2	No ABS	false
	2019-11-23	0.873	SIAI	No ABS	false
	2019-11-27	0.890	CCVH	No ABS	false
	2019-11-30	0.891	SIAI	No ABS	false
	2019-12-03	0.831	MISC	No ABS	false
	2019-12-03	0.892	CHVH	No ABS	false
	2019-12-05	0.892	SIAI	No ABS	false
	2019-12-08	0.826	UCG2	No ABS	false

# Résultats

# HERACLES

Stay ID  Age **72**  
 Length of stay **5.43 week** Gender **Homme**

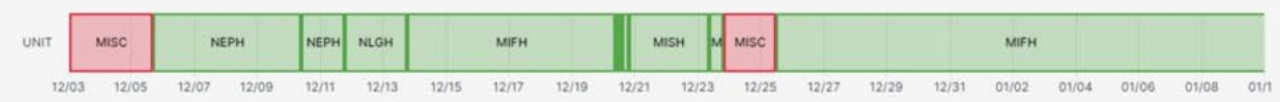
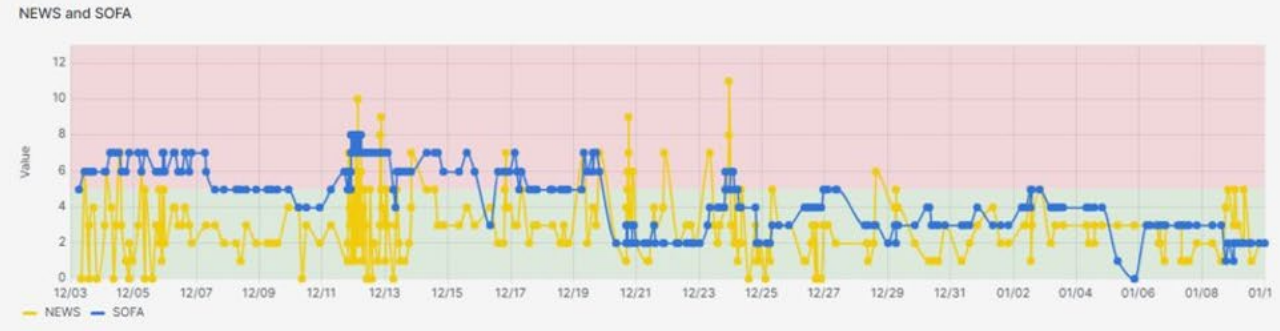
[Access to SOARIAN Patient folder](#)

ICD Codes

ICD10 Code	ICD10 Description
A491	Infection à streptocoques et entérocoques, siège non précisé
A499	Infection bactérienne, sans précision
B952	Streptocoques de groupe D et entérocoques, cause de maladies classées
D638	Anémie au cours d'autres maladies chroniques classées ailleurs
D648	Autres anémies précisées
E1121	Diabète sucré, type 2: Avec complications rénales: Désigné comme décor
E441	Malnutrition protéino-énergétique légère
E46	Malnutrition protéino-énergétique, sans précision
G819	Hémiplégie ou hémiparésie, sans précision
I1200	Néphropathie hypertensive, avec insuffisance rénale: Sans mention de cri
I330	Endocardite infectieuse aiguë et subaiguë
I634	Infarctus cérébral dû à une embolie des artères cérébrales
I8288	Embolie et thrombose d'autres veines précisées
I982	Varices œsophagiennes et gastriques au cours de maladies classées dan
K0888	Autres affections précisées des dents et de l'appareil alvéolaire

## HERACLES

### Health Evaluation and Risk Assessment for Clinical Early Sepsis




#### Last Discharge Letters Available

Le patient susnommé a séjourné dans notre Service du 03.12.2019 au 10.01.2020 date de son reclassement en lit B au 30.01.2020 date de son transfert au CTR de Sylvana.

Nous nous référons à la lettre de reclassement du 14.01.2020 qui décrit son hospitalisation en lit A.

# Liste de problèmes et commentaires (groupés avec détails) Addendum lit B

 présente le 09.01.2020 une péjoration de l'anémie à 60 g/l sans signe d'extériorisation. Il bénéficie d'une transfusion de 1 CE et l'hémoglobine reste stable par la suite. Nous augmentons le traitement par Nexium à 40 mg 2 x/j.

Cirrhose Child C d'origine éthylique, avec :

\* actuellement : péritonite bactérienne spontanée avec sepsis et bactériémie secondaire et endocardite à Enterococcus faecalis

Discussion : concernant le traitement des bêtabloquants pour les varices œsophagiennes de stade II. L'introduction d'Inderal n'est pas bien tolérée sur le ol

#### Discharge Letters

# Motif de recours Hémisynonyme droit et mutisme # Diag. et prb. - Liste Diagnostic pr...

# Motif de recours Hémisynonyme droit et mutisme # Diag. et prb. - Liste Diagnostic pr...

# Motif de recours Hémisynonyme droit et mutisme # Diag. et prb. - Liste Diagnostic pr...

# Traitement habituel Cf anamnèse. # Votre contact Centre Cérébro-Vasculaire # En-tê...

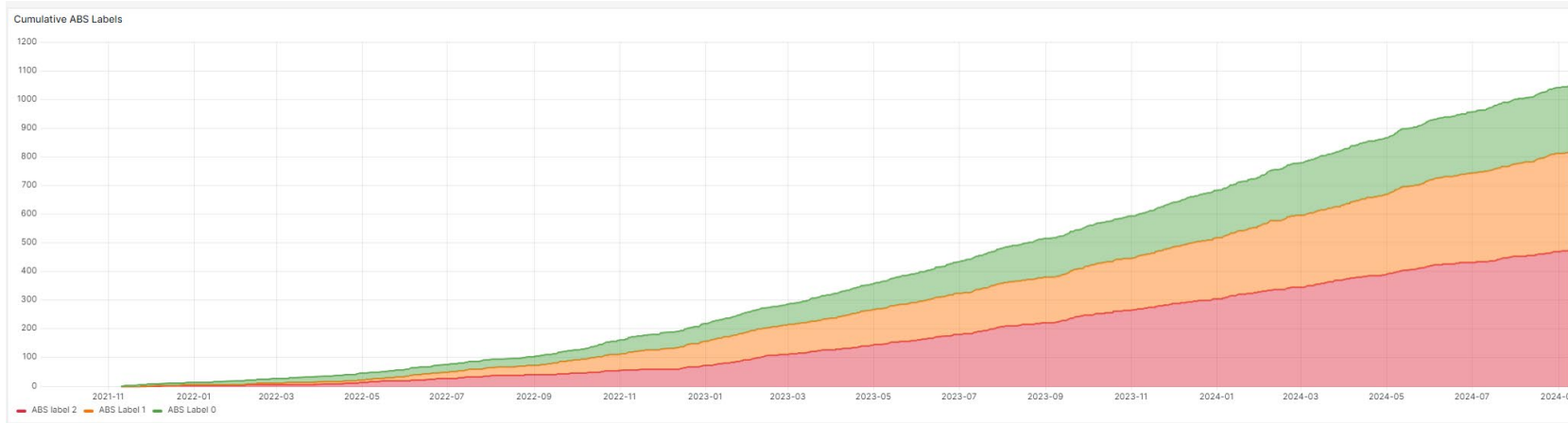
#### Fax Med

# En-tête et salutations Faxmed d'entrée 

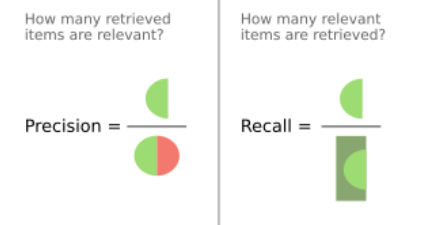
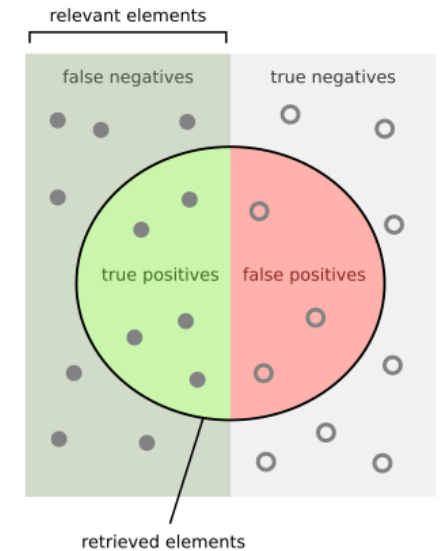
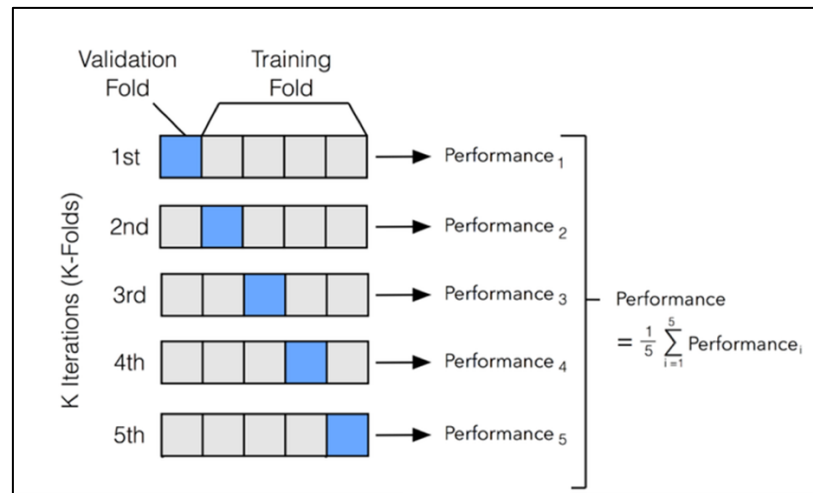
# En-tête et salutations Faxmed d'entrée 

# Résultats

# HERACLES Evaluation

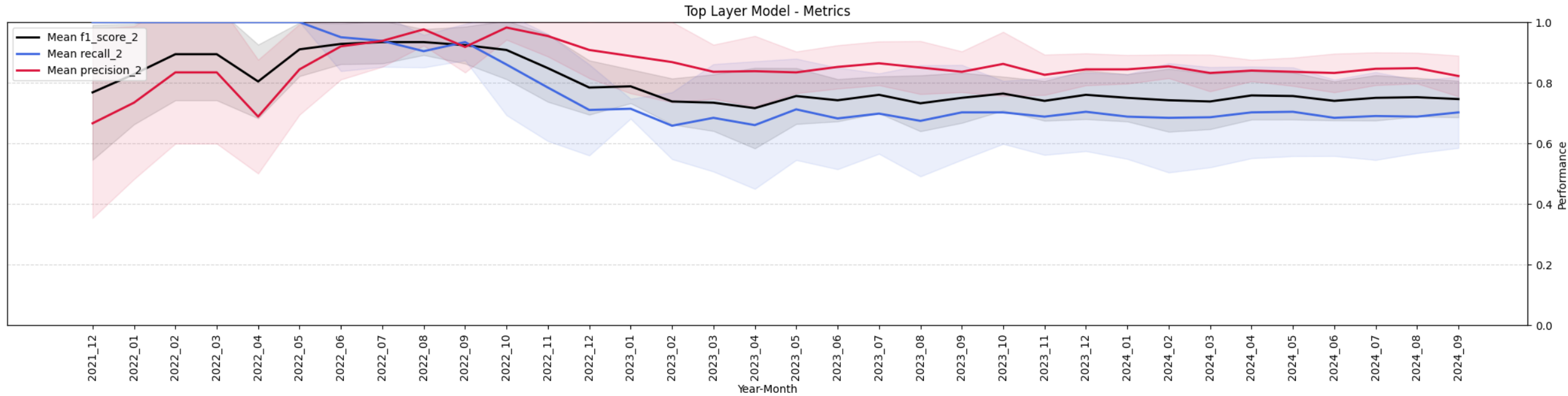


Evaluation at the end of each month



# Résultats

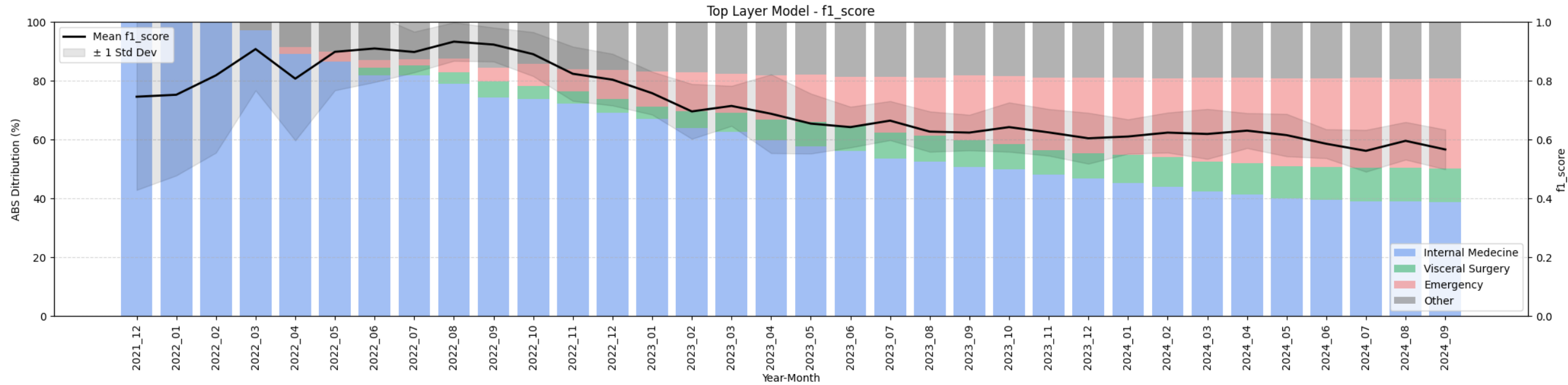
## HERACLES Evaluation



Label	Precision	Recall	F1 score
0	0.98	0.23	0.37
1	0.47	0.78	0.58
2	0.82	0.70	0.75
All	0.76	0.57	0.57

# Résultats

## HERACLES Evaluation

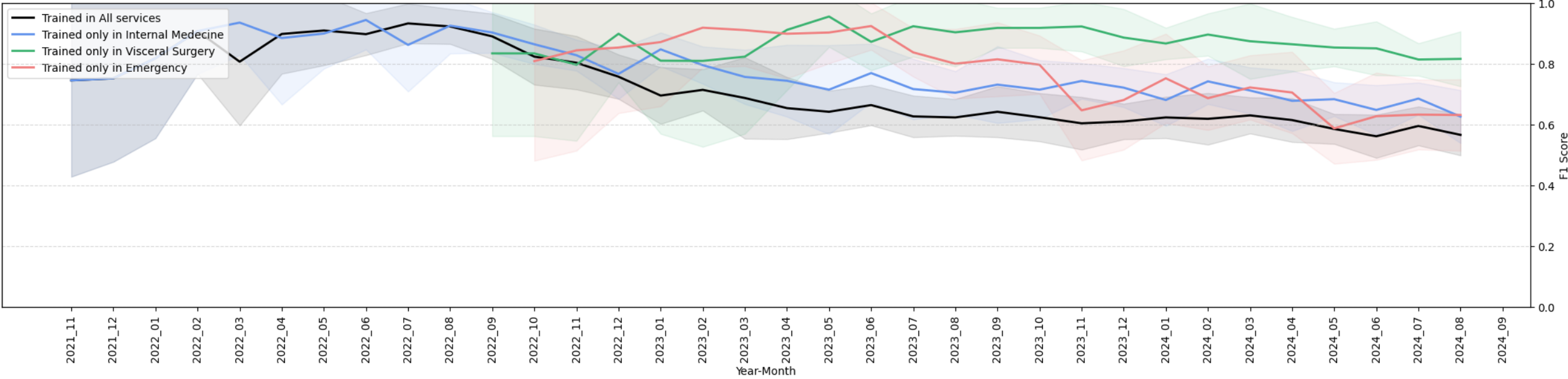


Label	Precision	Recall	F1 score
0	0.98	0.23	0.37
1	0.47	0.78	0.58
2	0.82	0.70	0.75
All	0.76	0.57	0.57

# Résultats

# HERACLES Evaluation

Heracles Performance - One model per service





# Résultats

## HERACLES Evaluation

### 2 test sets

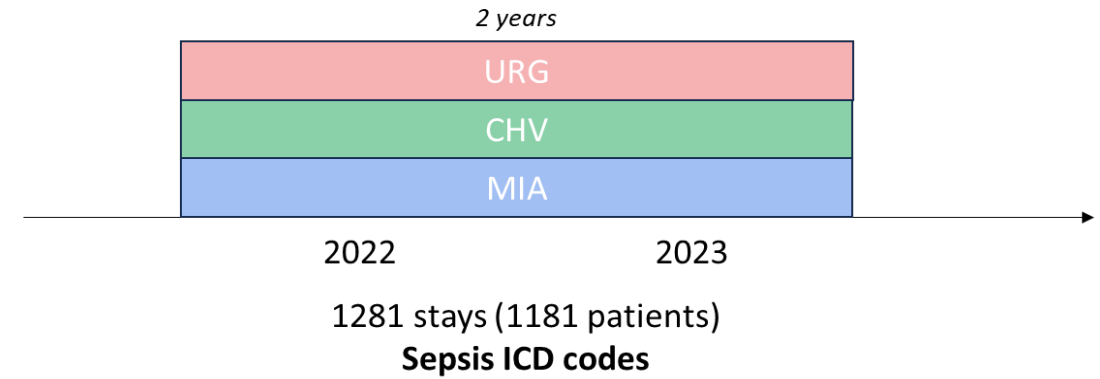


Metrics					Confusion Matrix				
	Precision	Recall	F1-score	Support		0	1	2	
0	1.00	0.05	0.09	61	Actual value	0	3	58	0
1	0.41	0.96	0.57	47		1	0	45	2
2	0.67	0.36	0.47	11		2	0	7	4

# Résultats

# HERACLES Evaluation

## 2 test sets



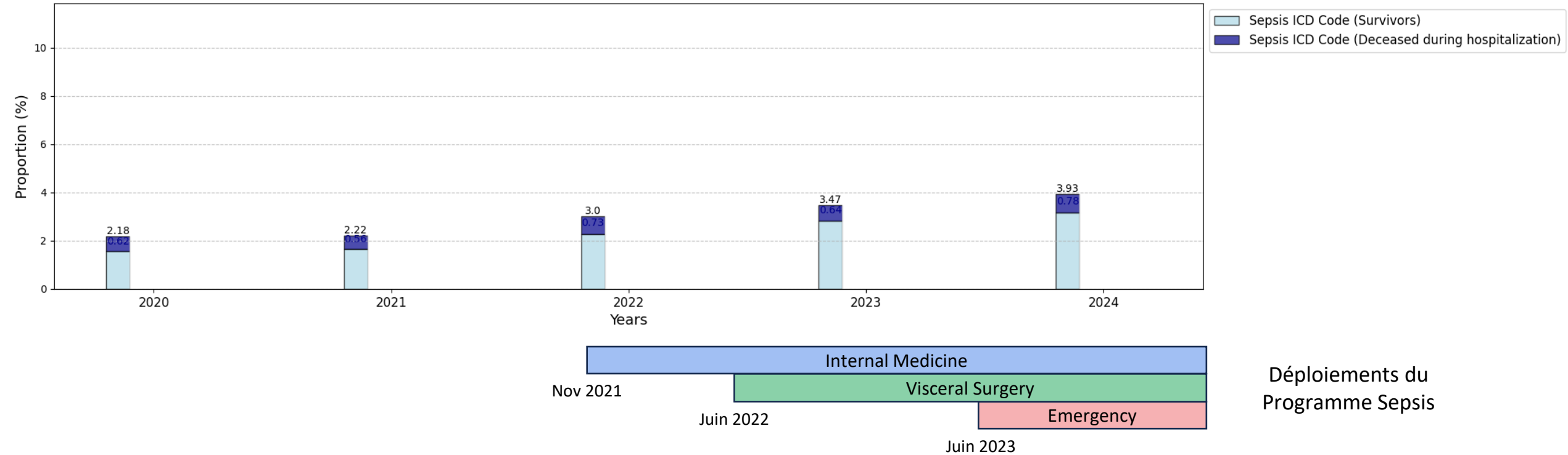
	Metrics				Actual value	Confusion Matrix			
	Precision	Recall	F1-score	Support		0	1	2	
0	1.00	0.05	0.09	61	0	3	58	0	
1	0.41	0.96	0.57	47	1	0	45	2	
2	0.67	0.36	0.47	11	2	0	7	4	

	Metrics				Actual value	Confusion Matrix			
	Precision	Recall	F1-score	Support		0	1	2	
0	-	-	-	-	0	-	-	-	
1	-	-	-	-	1	-	-	-	
2	1	0.710	0.830	1281	2	0	368	913	



# Résultats

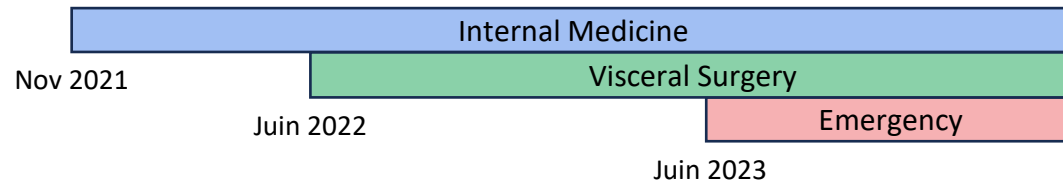
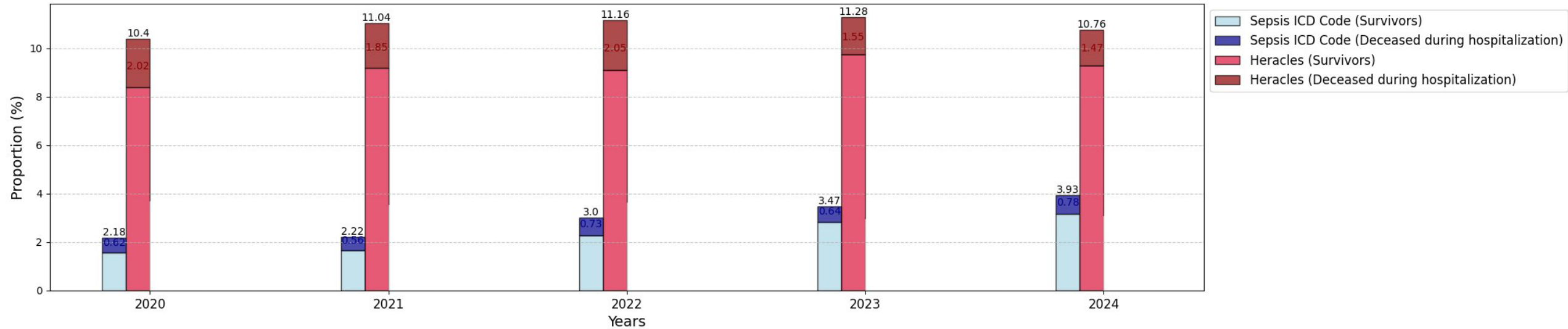
## HERACLES impact



Déploiements du Programme Sepsis

# Résultats

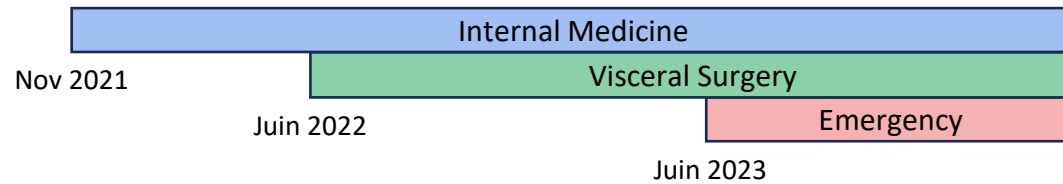
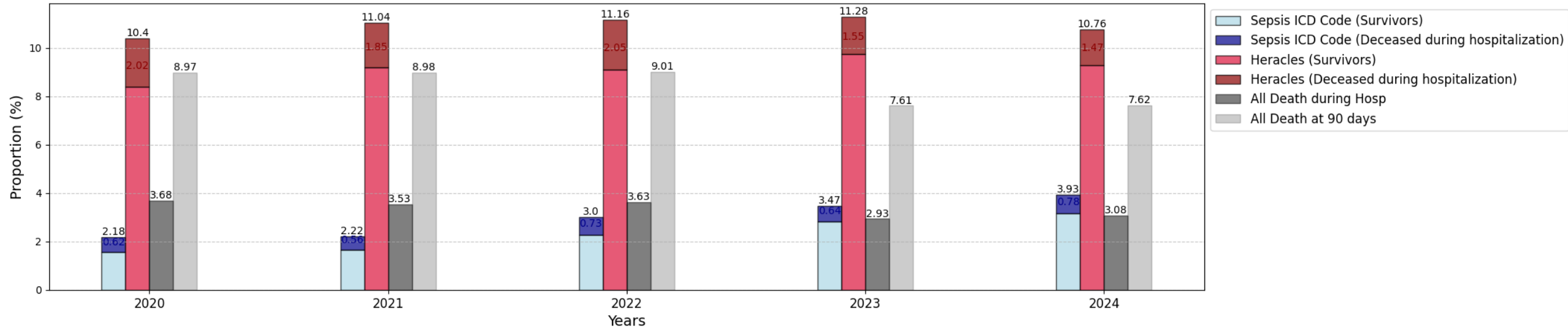
## HERACLES impact



Déploiements du Programme Sepsis

# Résultats

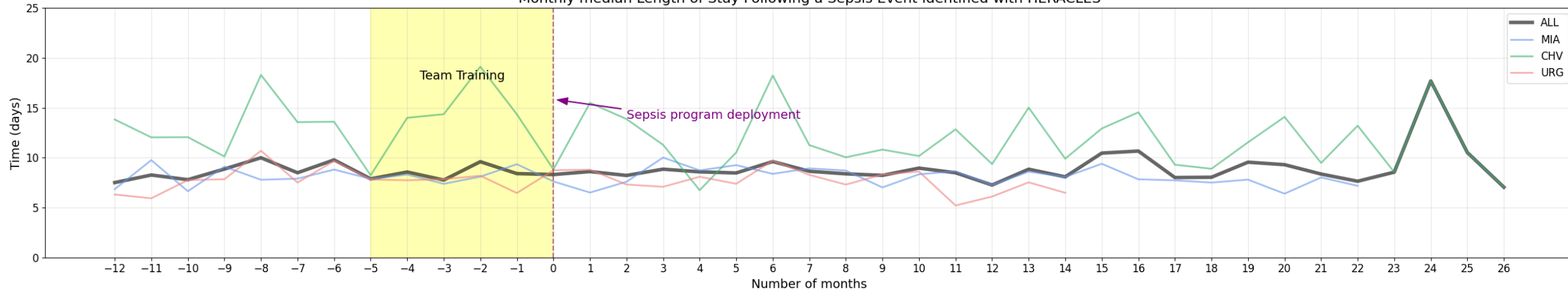
## HERACLES impact



# Résultats

# HERACLES impact

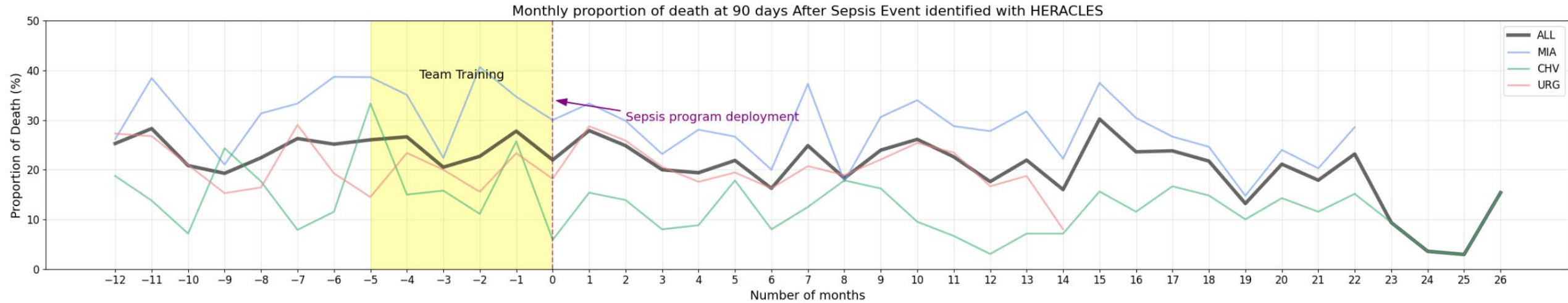
Monthly median Length of Stay Following a Sepsis Event identified with HERACLES



Curve	Total Slope	Slope [-12, 0]	Slope [0, 12]	Slope [0, max]
MIA	-0.01 (0.457)	0.02 (0.749)	0.01 (0.875)	-0.04 (0.212)
CHV	-0.07 (0.117)	0.05 (0.850)	-0.10 (0.659)	-0.03 (0.722)
URG	-0.03 (0.410)	0.07 (0.472)	-0.14 (0.120)	-0.13 (0.062)
ALL	0.04 (0.115)	0.03 (0.603)	-0.03 (0.420)	0.07 (0.172)

# Résultats

# HERACLES impact



Curve	Total Slope	Slope [-12, 0]	Slope [0, 12]	Slope [0, max]
MIA	-0.24 (0.024)	0.36 (0.470)	-0.04 (0.927)	-0.22 (0.231)
CHV	-0.19 (0.029)	-0.04 (0.950)	-0.22 (0.558)	-0.05 (0.694)
URG	-0.17 (0.158)	-0.44 (0.240)	-0.16 (0.598)	-0.48 (0.104)
ALL	-0.30 (0.000)	-0.02 (0.942)	-0.19 (0.487)	-0.45 (0.003)

# Objectifs

## Data Science side

✓ Construire une **pipeline sepsis** pour **monitorer** le déploiement du programme sepsis

✓ Elaborer une **pipeline Machine Learning** pour identifier les cas manqués

● Construire une **Pipeline Machine Learning** pour identifier les cas de sepsis chez les patients hospitalisés

✓ Elaborer un **programme sepsis** pour améliorer les soins aux patients

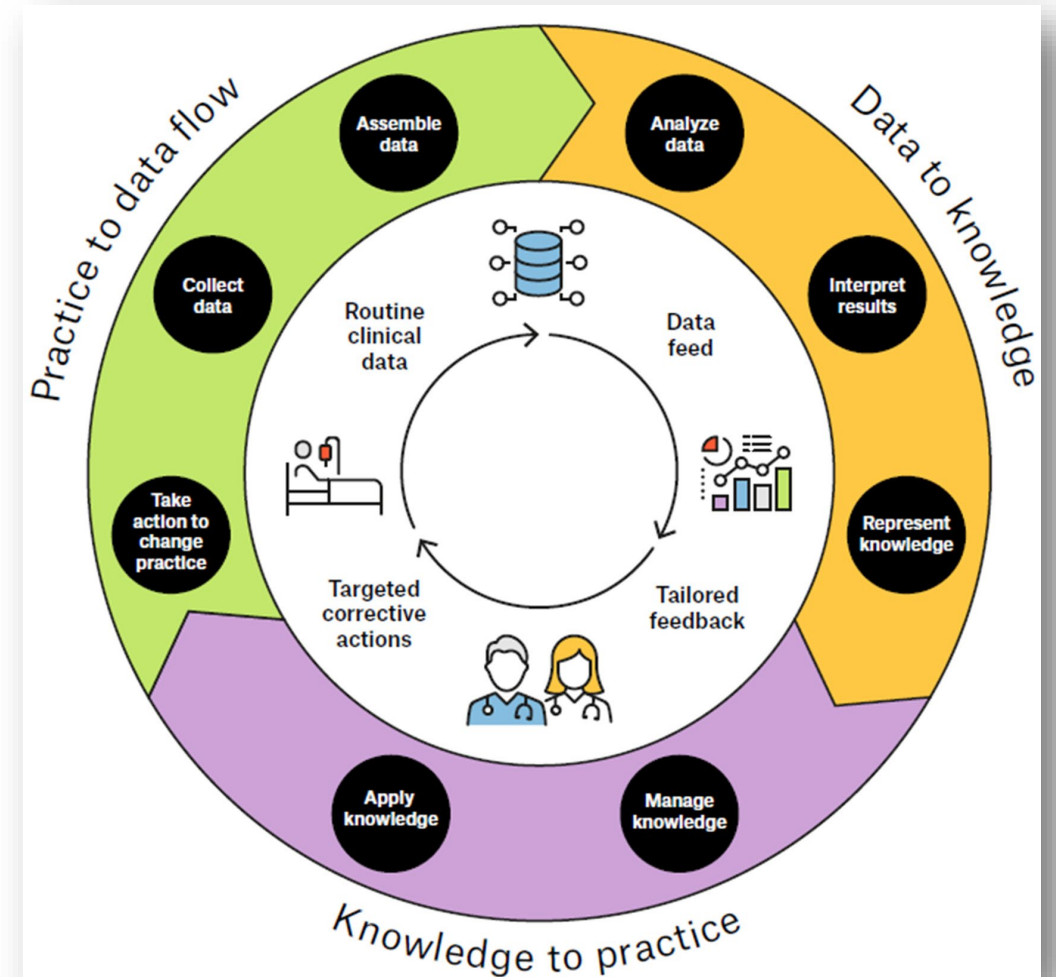
✓ **Déployer** le programme à travers les services et **documenter** les cas Sepsis

## Clinical Side

# Perspectives & limites

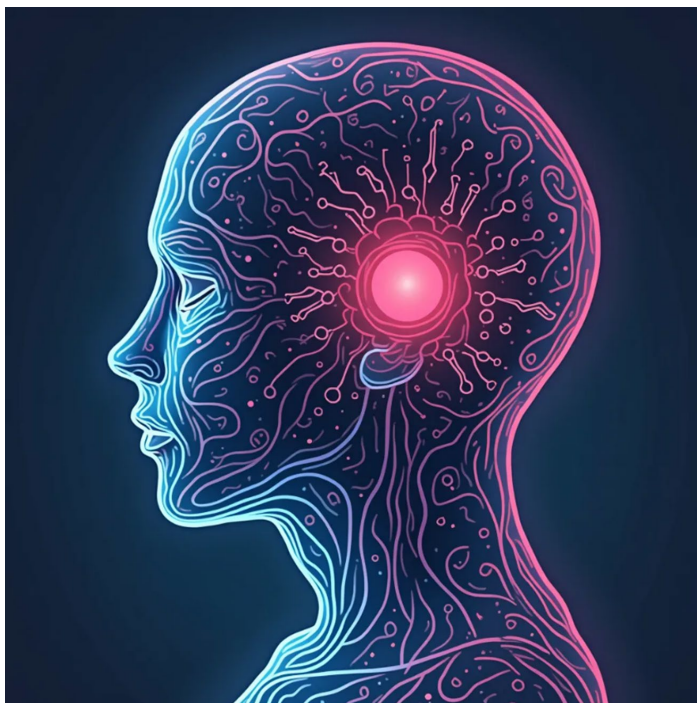
# Sepsis Learning System

- **Cercle vertueux**
  - De la pratique aux données
  - Des données à la connaissance
  - De la connaissance à la pratique
- **Amélioration continue**
  - Expansion continue de l'ensemble de données
  - Nouveaux test sets pour améliorer l'évaluation d'Heracles
  - Expansion du Sepsis programme
- **Modélisation**
  - Identification d'endotypes
  - Modélisation spécifique aux endotypes



(Adapted from Flynn et al. 2018)





# Questions ?

• Programme SEPSIS •



Merci de votre  
attention