

Youssef Zied Elhechmi MCA
HOPITAL HABIB THAMEUR

Pr Ag en Médecine Intensive, Coordinateur du CEC "Intelligence artificielle appliquée à la santé, FMT", Cofondateur et CEO de Hope Horizon, Instructeur en simulation haute fidélité, Développeur Web et DataScience, Diplome en statistiques (Université de Tunis ElManar), Diplome en entrepreneuriat (Harvard), Diplome en Leadership (Michigan University), Diplome en pédagogie numérique (Université de Sfax)

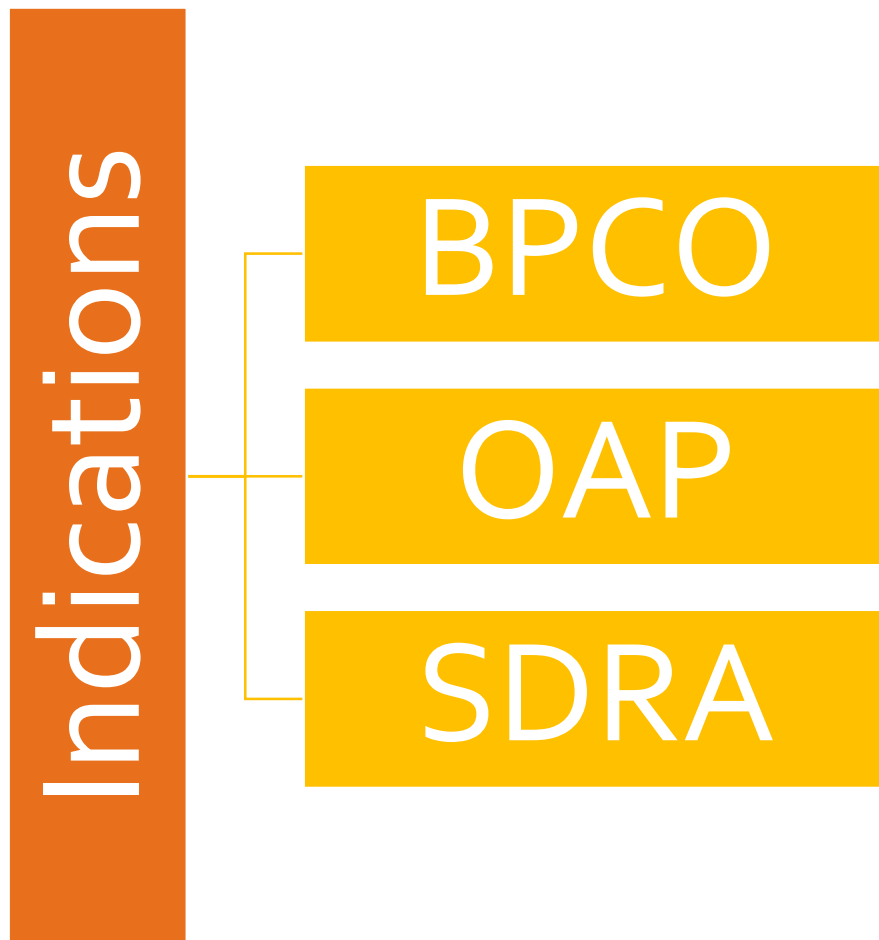
NIV Failure prediction *using* *Artificial Intelligence*

NIV Failure prediction AI powered
HABIB THAMEUR, LA RABTA





Introduction



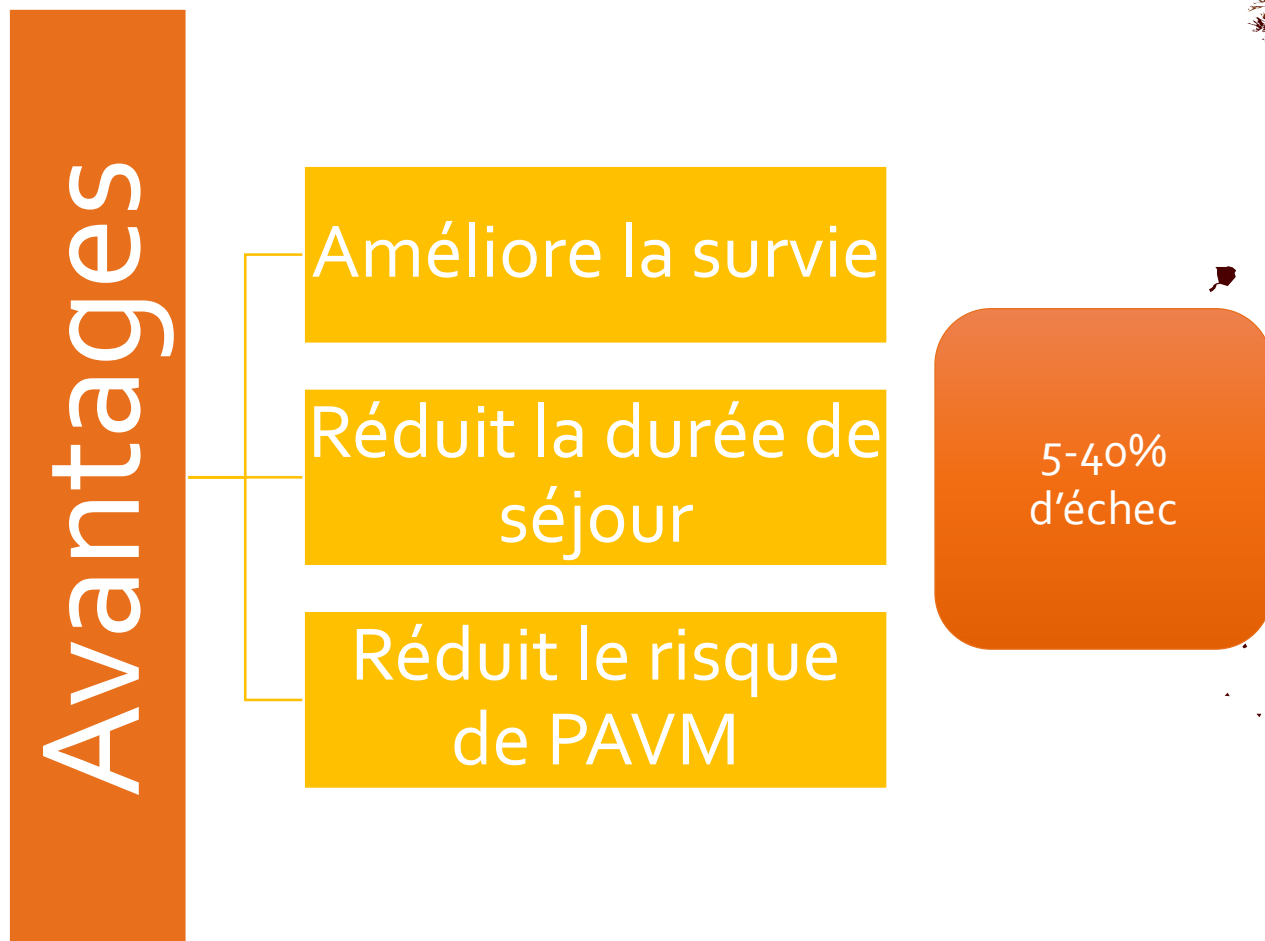
Avantages

Améliore la survie

Réduit la durée de séjour

Réduit le risque de PAVM







Prédicteurs d'échec

CAUSES OF FAILURE OF NONINVASIVE MECHANICAL VENTILATION

Table 1. Summary of Studies in Which Baseline pH or pH Change After an NPPV Trial Were Considered As Predictors of NPPV Success/Failure

First Author	Baseline pH of NPPV Success Patients	Baseline pH of NPPV Failure Patients	p*	pH of NPPV Success Patients After NPPV Trial	pH of NPPV Failure Patients After NPPV Trial	p*
Soo Hoo ¹⁵	7.26 ± 0.06	7.26 ± 0.06	NS	7.33 ± 0.06	7.30 ± 0.06	< 0.01
Moretti ²⁹	7.25 ± 0.07	7.22 ± 0.08	NS	7.30 ± 0.06	7.30 ± 0.06	NS
Anton ¹⁶	7.27 ± 0.03	7.28 ± 0.4	NS	7.34 ± 0.4	7.28 ± 0.03	< 0.01
Ambrosino ¹¹	7.28 ± 0.04	7.22 ± 0.08	< 0.005	7.34 ± 0.04	7.25 ± 0.08	< 0.005
Plant ^{13†}	NA	NA	Yes	NA	NA	Yes
Carlucci ¹⁴	7.36 ± 0.09	7.30 ± 0.10	< 0.01	NA	NA	NA
Meduri ¹²	7.26 ± 0.06	7.27 ± 0.06	NS	7.33 ± 0.07	7.22 ± 0.05	< 0.0001

CAUSES OF FAILURE OF NONINVASIVE MECHANICAL VENTILATION

Table 1. Summary of Studies in Which Baseline pH or pH Change After an NPPV Trial Were Considered As Predictors of NPPV Success/Failure

First Author	Baseline pH of NPPV Success Patients	Baseline pH of NPPV Failure Patients	p*	pH of NPPV Success Patients After NPPV Trial	pH of NPPV Failure Patients After NPPV Trial	p*
Soo Hoo ¹⁵	7.26 ± 0.06	7.26 ± 0.06	NS	7.33 ± 0.06	7.30 ± 0.06	< 0.01
Moretti ²⁹	7.25 ± 0.07	7.22 ± 0.08	NS	7.30 ± 0.06	7.30 ± 0.06	NS
Anton ¹⁶	7.27 ± 0.03	7.28 ± 0.4	NS	7.34 ± 0.4	7.28 ± 0.03	< 0.01
Ambrosino ¹¹	7.28 ± 0.04	7.22 ± 0.08	< 0.005	7.34 ± 0.04	7.25 ± 0.08	< 0.005
Plant ^{13†}	NA	NA	Yes	NA	NA	Yes
Carlucci ¹⁴	7.36 ± 0.09	7.30 ± 0.10	< 0.01	NA	NA	NA
Meduri ¹²	7.26 ± 0.06	7.27 ± 0.06	NS	7.33 ± 0.07	7.22 ± 0.05	< 0.0001

Etude	Score	Echec VNI	Succès VNI
Ambrosini et al	APACHE2	24	18
Soo Hoo et al	APACHE2	21	15

SAPS2 et APACHE2, urgences métaboliques
(hyperglycémie, I rénale)

Incidence and causes of non-invasive mechanical ventilation failure after initial success Maurizio Moretti, Carmela Cilione, Auro Tampieri, Claudio Fracchia, Alessandro Marchioni, Stefano Nava. Thorax 2000;55:819-825.

	Group 1 (n=106)	Group 2 (n=31)	p value
Age (years)	70 (8.8)	70 (10.1)	NS
pH			
On admission	7.25 (0.07)	7.22 (0.08)	NS
1 h	7.30 (0.06)	7.30 (0.06)	NS
24 h	7.36 (0.06)	7.36 (0.06)	NS
Paco ₂ (mm Hg)			
On admission	87.6 (17.1)	82.9 (14.7)	NS
1 h	76.6 (13.6)	72.7 (12.0)	NS
24 h	68.8 (13.2)	62.8 (10.0)	0.024
SaO ₂ /Fio ₂ at admission	2.0 (0.6)	1.8 (0.6)	NS
Heart rate (bpm)	97 (17.8)	104 (20.1)	0.044
Respiratory rate (bpm)	26 (5.6)	27 (6.5)	NS
Arterial pressure (mm Hg)	105 (15)	98 (15)	0.034
Compliance score	3.7 (1.0)	3.6 (1.0)	NS
APACHE II score	22.0 (4.5)	22.9 (6.0)	NS
ADL score	2.1 (0.8)	1.7 (0.7)	0.024
No of complications of admission	0.45 (0.6)	0.7 (0.7)	0.039
Community acquired pneumonia (no (%))	8 (7.5%)	7 (22.6%)	NS
Albumin (mg/dl)	34.2 (3.3)	34.9 (4.6)	NS
Sodium (mEq/l)	139 (3.6)	138 (3.6)	NS
Potassium (mEq/l)	4.2 (0.6)	4.0 (0.4)	NS
Fasting glycaemia (mg/dl)	83.5 (8.8)	94.1 (53.2)	NS
FEV ₁ (% pred)	17.6 (9.1)	14.7 (13.5)	NS
FVC (% pred)	45.6 (8.2)	43.5 (14.3)	NS
FEV ₁ /FVC	38.5 (7.6)	33.7 (11.4)	NS

Incidence and causes of non-invasive mechanical ventilation failure after initial success Maurizio Moretti, Carmela Cilione, Auro Tampieri, Claudio Fracchia, Alessandro Marchioni, Stefano Nava. Thorax 2000;55:819-825.

	Group 1 (n=106)	Group 2 (n=31)	p value
Age (years)	70 (8.8)	70 (10.1)	NS
pH			
On admission	7.25 (0.07)	7.22 (0.08)	NS
1 h	7.30 (0.06)	7.30 (0.06)	NS
24 h	7.36 (0.06)	7.36 (0.06)	NS
Paco ₂ (mm Hg)			
On admission	87.6 (17.1)	82.9 (14.7)	NS
1 h	76.6 (13.6)	72.7 (12.0)	NS
24 h	68.8 (13.2)	62.8 (10.0)	0.024
SaO ₂ /Fio ₂ at admission	2.0 (0.6)	1.8 (0.6)	NS
Heart rate (bpm)	97 (17.8)	104 (20.1)	0.044
Respiratory rate (bpm)	26 (5.6)	27 (6.5)	NS
Arterial pressure (mm Hg)	105 (15)	98 (15)	0.034
Compliance score	3.7 (1.0)	3.6 (1.0)	NS
APACHE II score	22.0 (4.5)	22.9 (6.0)	NS
ADL score	2.1 (0.8)	1.7 (0.7)	0.024
No of complications of admission	0.45 (0.6)	0.7 (0.7)	0.039
Community acquired pneumonia (no (%))	8 (7.5%)	7 (22.6%)	NS
Albumin (mg/dl)	34.2 (3.3)	34.9 (4.6)	NS
Sodium (mEq/l)	139 (3.6)	138 (3.6)	NS
Potassium (mEq/l)	4.2 (0.6)	4.0 (0.4)	NS
Fasting glycaemia (mg/dl)	83.5 (8.8)	94.1 (53.2)	NS
FEV ₁ (% pred)	17.6 (9.1)	14.7 (13.5)	NS
FVC (% pred)	45.6 (8.2)	43.5 (14.3)	NS
FEV ₁ /FVC	38.5 (7.6)	33.7 (11.4)	NS

Connaissances et défis

» « *En dépit de tous ces bienfaits, on a constaté que dans le sous groupe de patients où il y a un échec de la VNI, le pronostic devient plus grave que s'ils avaient été intubé dès le début de la prise en charge. »*



Connaissances et défis

» « *En dépit de tous ces bienfaits, on a constaté que dans le sous groupe de patients où il y a un échec de la VNI, le pronostic devient plus grave que s'ils avaient été intubé dès le début de la prise en charge. »*

Le vrai défi est de prédire avec une bonne fiabilité l'échec de la VNI, échec précoce et échec tardif.



Objectif

- » L'objectif de cette étude est de créer et de valider un modèle d'apprentissage machine capable d'identifier de manière fiable les patients à risque d'échec de VNI au cours de 24 premières heures de prise en charge.



Critères d'inclusion

- » Tous les patients chez lesquels une ventilation non-invasive a été initiée au cours des premières 24 heures d'hospitalization.

Critère de jugement principal

- » L'intubation et/ou le décès

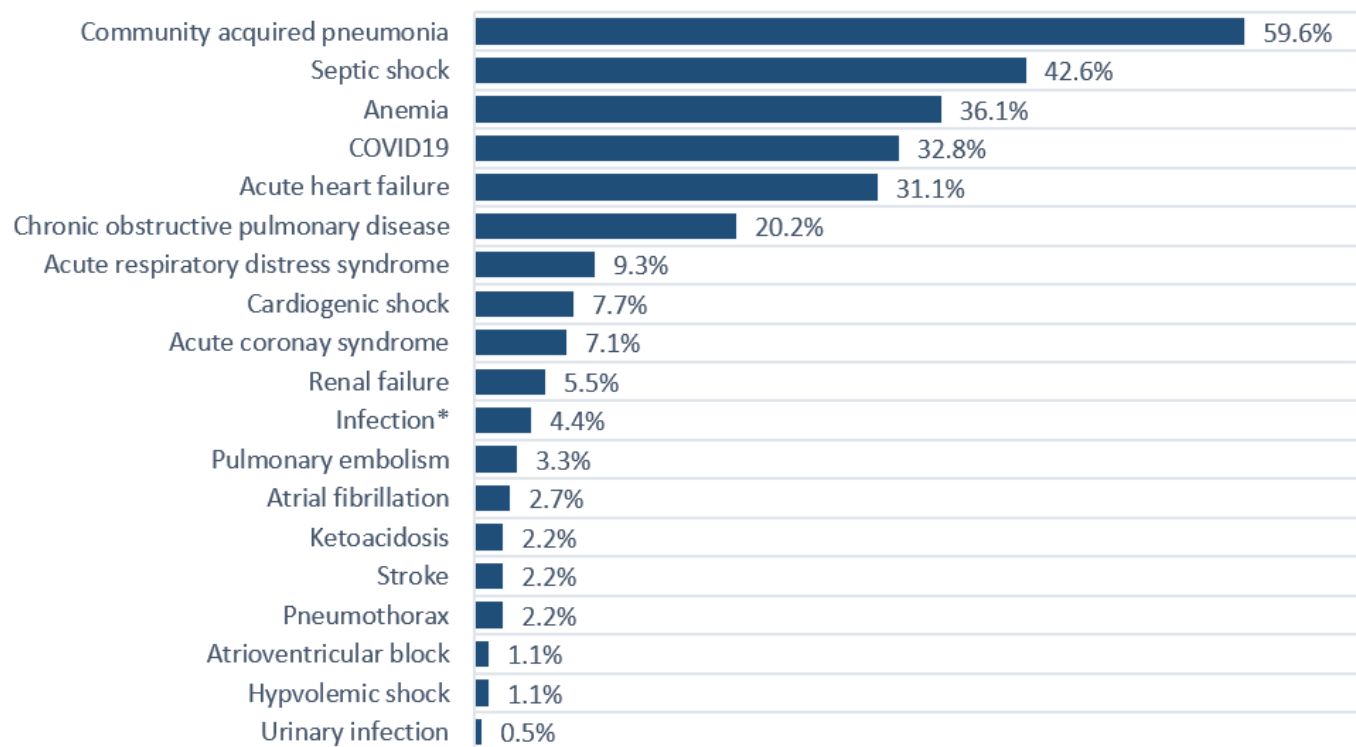




Résultats

Résultats

- » Nous avons inclus 233 patients entre les deux centres entre Nov 2015 et Nov 2024
- » La Moyenne d'âge était de 63 ans, minimum 21 ans et maximum 88 ans.
- » Les principaux diagnostics établis à l'admission :



Echec de la VNI

- » 50.3% d'échec, 45.4% d'intubation
- » 74.7% de mortalité parmi les patients intubés
- » 38.8% mortalité globale
- » 48% d'échec précoce et 52% d'échec tardif avec un maximum de 24 jours.

Table XII: Arterial blood gas parameters associated with non-invasive ventilation failure

	Non-invasive ventilation						P
	Success			Failure			
	Median	Percentile 25	Percentile 75	Median	Percentile 25	Percentile 75	
pH	7.31	7.23	7.42	7.38	7.26	7.45	0.017
PCO2 (mmHg)	48	37	66	37	32	52	0.003
PaO2 (mmHg)	75	57	103	76	58	89	0.584
HCO3- (mmol/L)	26.1	20.8	30.5	25.0	20.0	29.0	0.729
SaO2 (%)	95	90	97	94	89	97	0.937
FiO2 (%)	.40	.21	.66	1.00	.50	1.00	<0.001
PEEP (cmH2O)	0	0	6	6	0	8	<0.001
PaO2/FiO2	211	136	262	116	76	173	<0.001
pH (H24)	7.39	7.31	7.45	7.43	7.36	7.46	0.087
PCO2 (H24) (mmHg)	45	36	61	38	31	47	0.008
PaO2 (H24) (mmHg)	76	64	98	74	62	99	0.477
HCO3- (H24) (mmol/L)	27.9	22.5	31.9	25.4	20.6	28.9	0.132
SaO2 (H24) (%)	95	92	97	94	93	97	0.898
FiO2 (H24) (%)	.30	.21	.60	1.00	.70	1.00	<0.001
PEEP (H24) (cmH2O)	0	0	6	8	6	8	<0.001
PaO2/FiO2 (H24)	227	167	319	84	70	133	<0.001

*FiO2: Inspiratory Oxygen fraction; PEEP: Positive end expiratory pressure; PaO2/FiO2: Arterial oxygen pressure/Inspiratory Oxygen fraction

Table XIV: ROC curve analysis of arterial blood gases evolution over the first 24 hours and non-invasive ventilation failure

Variable	AUC	Standard Error	p	CI 5%	CI 95%
PaO2/FiO2 evolution	.646	.057	.023	.534	.758
pH evolution	.659	.061	.013	.539	.779
PaO2 evolution (mmHg)	.532	.063	.622	.408	.655
HCO3- evolution (mmol/L)	.599	.060	.120	.481	.718
SaO2 evolution (%)	.593	.064	.147	.468	.718
PCO2 evolution (mmHg)	.544	.055	.442	.435	.653
FiO2 evolution (%)	.605	.054	.067	.499	.710
PEEP evolution (cmH2O)	.533	.055	.561	.425	.641

Evolution during the first 24h of non-invasive ventilation; FiO2: Inspiratory Oxygen fraction; PEEP: Positive end expiratory pressure

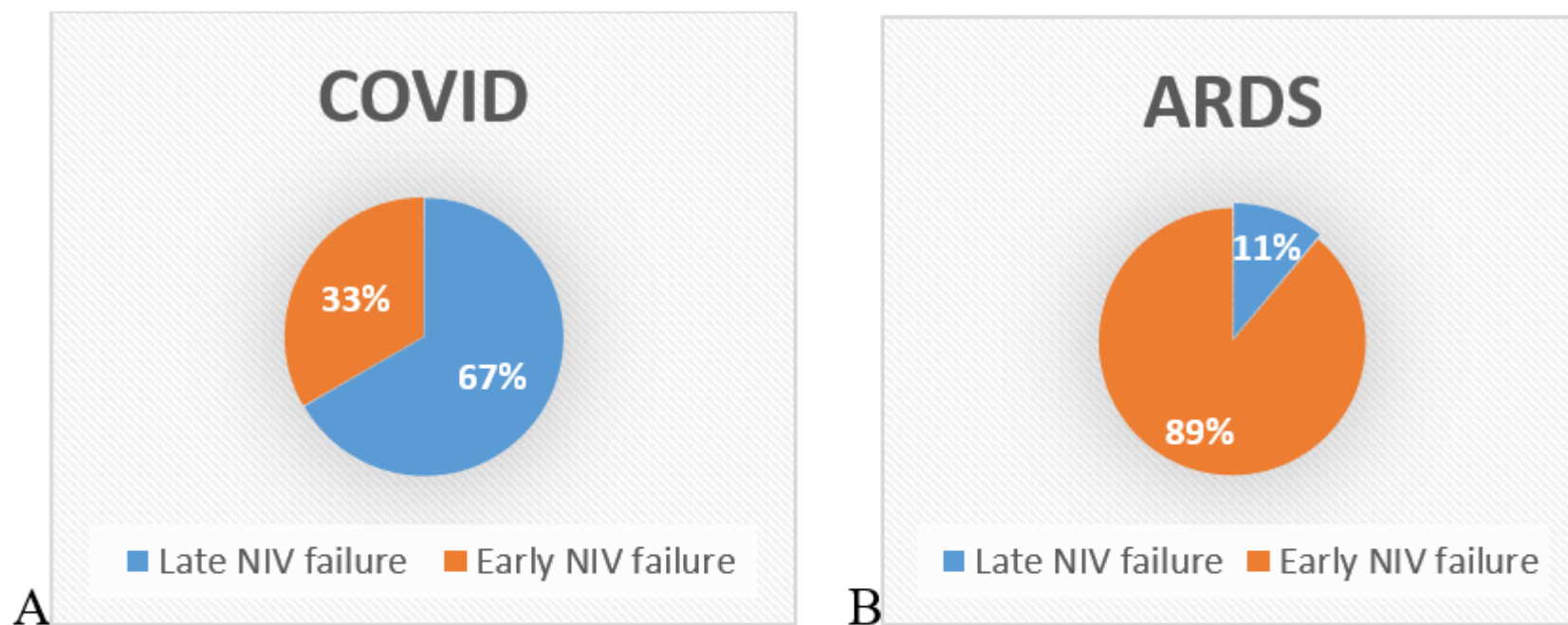


Figure 37: A/ COVID19 (Coronavirus disease 2019) early and late non-invasive ventilation failure. B/ Acute respiratory distress syndrome early and late non-invasive ventilation failure



Intelligence artificielle

Modèle IA

- » Les paramètres sélectionnés par le modèle IA (XGBoost)
- » Les hyperparamètres du modèle :
Eta=1,MaxDepth=4,RegAlpha=0.2,Subsample=0.85,MinChildWeight=0,Colsamplebytree=0.85

Table XXX: Selected parameters for the AI model predicting non-invasive ventilation failure

Risk Factors	Atrial fibrillation	Stroke	CHF		
Primary symptoms	Fever	Asthenia	Myalgia	Orthopnea	
Diagnosis	AHF*	COPD*	CAP*	COVID*	Septic shock
Clinical parameters	FIO2	SpO2/FiO2	Limbs' edema	Crackling, <u>sibilling</u>	Breath <u>strugling</u>
Biology	LDH	H4-Troponin	CRP*	Calcemia	Platelets
ABG*	pH	PCO2	FiO2	PEEP	PaO2/FiO2
H24 ABG	PCO2	FiO2	PEEP	PaO2/FiO2	HCO3-
ABG evolution	pH	HCO3-	FiO2	PaO2/FiO2	
Echocardiography	LVEF				

*AHF: Acute heart failure *COPD: Chronic obstructive pulmonary disease *COVID: Coronavirus disease *CAP: Community acquired pneumonia *CRP: C-Reactive Protein *ABG: Arterial blood gases

Résultats

- » L'aire sous la courbe ROC du modèle IA pour la prediction de l'échec de la VNI était de 0.954 [0.896-1.000]
- » La precision était de 92.68%.

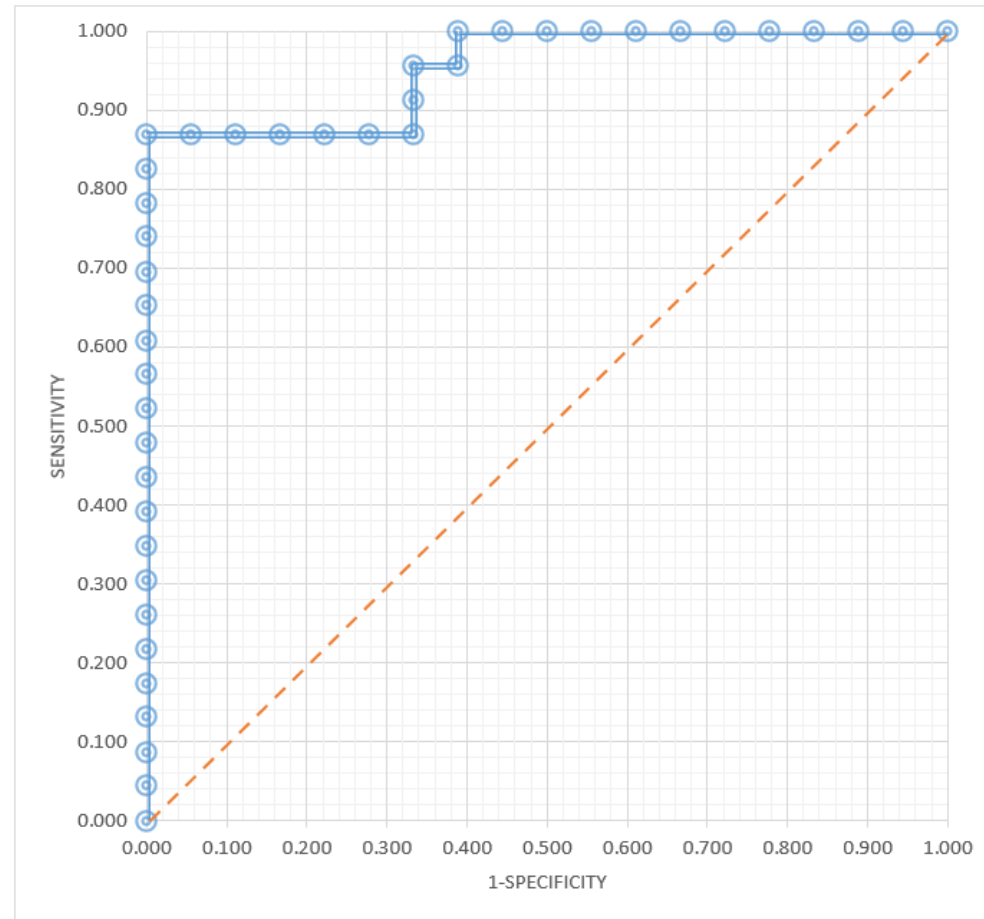
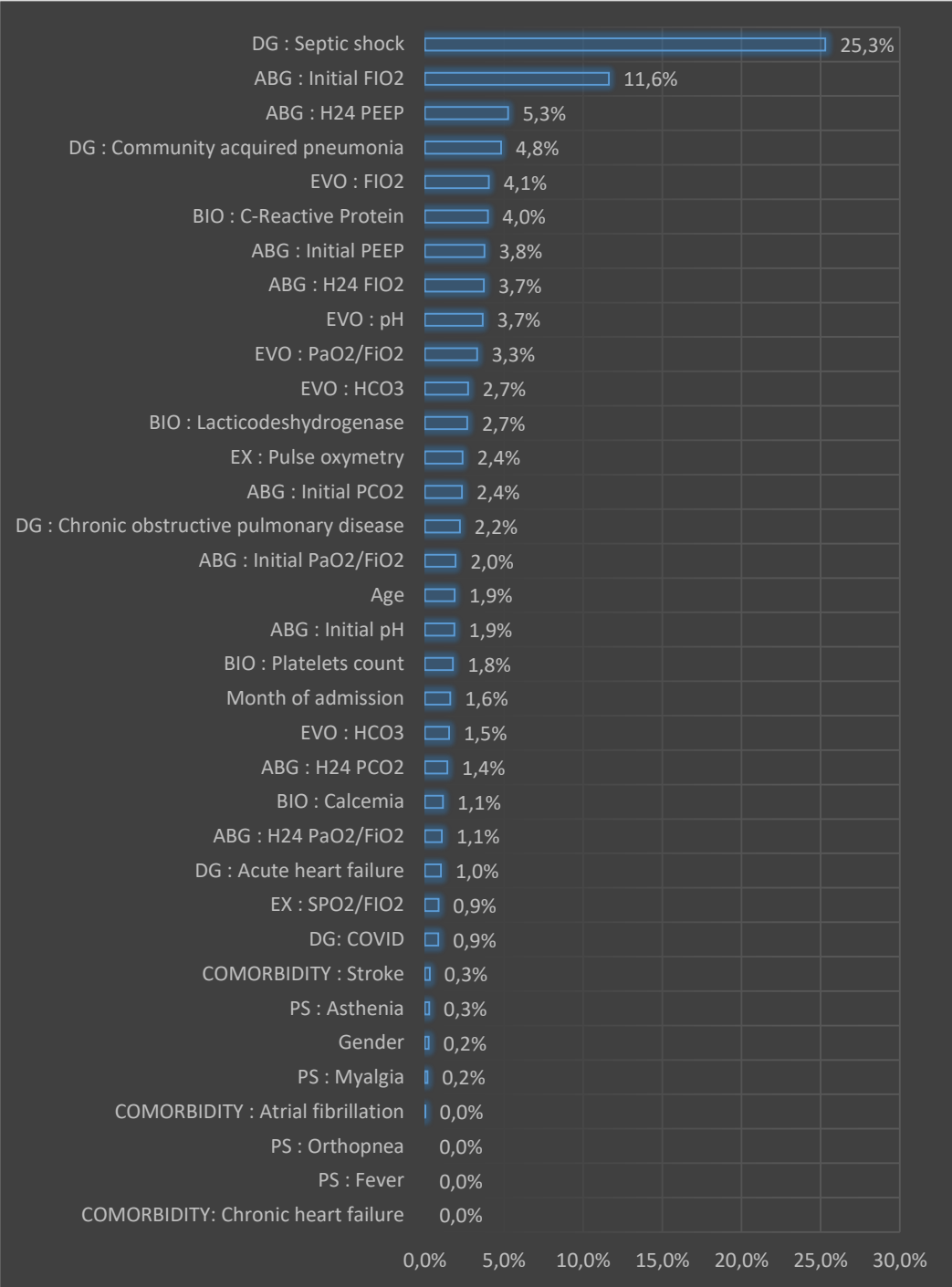


Figure 38: ROC curve of the XGB model tested for the prediction of non-invasive ventilation failure

Le poids des différents paramètres dans notre modèle IA



Résultats

» Prédictiones spécifiques : échec précoce, échec tardif, moratilité.

Table XXXI: ROC curve analysis of the XGB model for the prediction of non-invasive ventilation early, late failure and mortality.

	AUC*	Standard error	Asymptotic significance
NIV early failure	0.757 [0.607-0.906]	0.076	0.008
NIV late failure	0.833 [0.654-1.000]	0.091	0.01
Mortality	0.912 [0.818-1.000]	0.048	< 0.001

*AUC: Area under the receiver operating characteristics curve

**NIV: Non-invasive ventilation failure



Résultats

- » Statistiques descriptives du modèle IA pour la prediction de l'échec de la VNI

Table XXXII: Statistical parameters of the XGB model for the prediction of non-invasive ventilation failure at the threshold of 50%.

Recall (sensitivity)	86.96%
Selectivity (specificity)	100%
Positive predictive value	100%
Negative predictive value	85.71%
MCC*	0.863

**MCC: Mathews' coefficient of correlation*

Résultats

» Peut-on créer un modèle pour la prediction du délai probable d'échec de la VNI ?

NIV failure timespan (days)	
Observed	XGB Expected
1	0
0	0
0	1
1	0
3	3
6	5
0	0
4	0
1	0
0	0
6	1
0	0
5	6
2	5
1	1
2	0
6	0
2	1
1	0
3	1
0	0
1	0
0	0
0	0
0	0
5	5
1	1
0	0

	Precise match
	1 day difference
	2 days difference
	More than 2 days difference

Impacts

- » Mieux identifier les patients à risque très élevé d'échec de la VNI.
- » Evaluer de manière dynamique au jour le jour l'évolution du risque d'échec de la VNI.
- » Identifier le sous groupe de patients à risque d'échec tardif afin d'adapter de manière plus énergique les thérapeutiques non invasives et tenter de réduire l'évolution vers l'intubation ou le décès.



Pr Sami Abdellatif

Pr Nabiha Falfoul

Pr Ag Ahlem Trifi

Dr Amal Meftah

Dr Asma Ouhibi

Dr Yasmine Garbaa

Dr Ines Sdiri

Tous les membres des équipes de reanimation Habib
Thameur et La Rabta

Special Thanks



NIV Failure prediction *AI powered*
HABIB THAMEUR, LA RABTA

Thank You

 DrYoussef Zied Elhechmi

 +216 98 560 398

 Youssefzied.elhechmi@fmt.utm.tn

