

Noyades : des avancées physiologiques aux  
évolutions thérapeutiques futures  
P Michelet – Urgences Timone 2

REVIEW ARTICLE

CURRENT CONCEPTS

## Drowning

David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.

Une Revue récente

Constatations plus alarmantes encore !

500 000 décès (meilleur recensement)

Statistiques actuelles n'incluant pas les catastrophes naturelles et les naufrages !

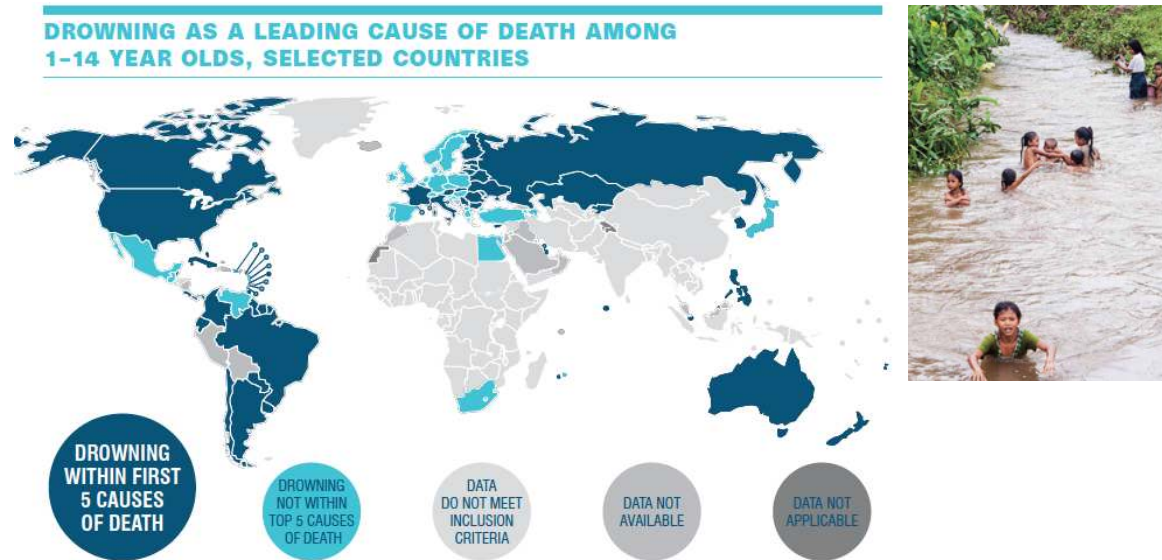
Plus de 500 M de \$ aux USA chaque année (estimation 2016)

Épidémiologie différente entre les pays « riches » et les autres



# Les données internationales et européennes

Épidémiologie



1 - Global Report on Drowning. Preventing a Leading Killer; 2014 : [http://www.who.int/violence./drowning.report/Final report full web.pdf](http://www.who.int/violence./drowning.report/Final%20report%20full%20web.pdf).

## Différences épidémiologiques

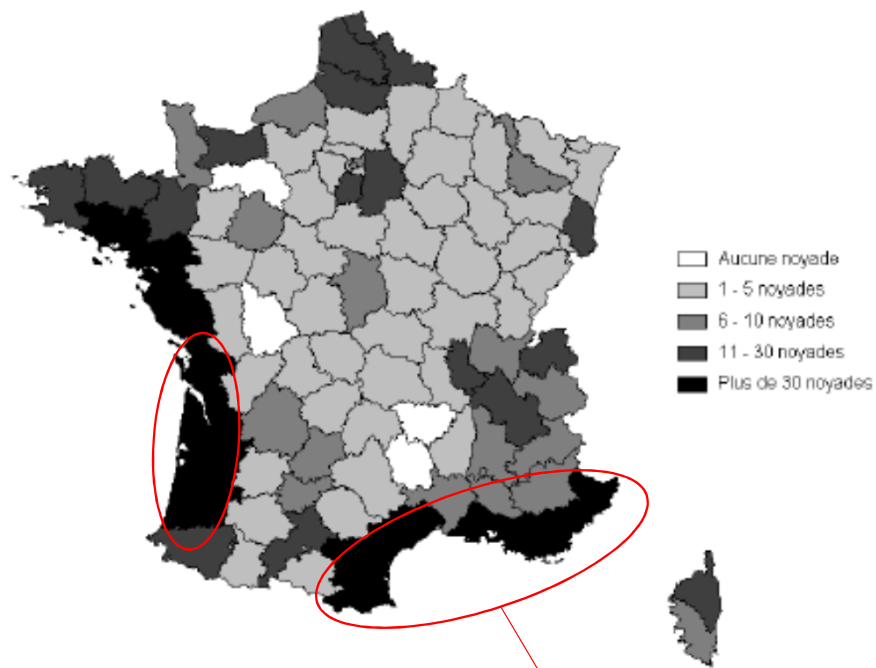
- Pays défavorisés
  - Les enfants
  - La pauvreté
  - Le sexe masculin
  - Le défaut de scolarisation
  - La ruralité
  - L'alcool
- Pays riches
  - De - en - les enfants
  - L'Homme > 55 ans
  - Pathologies associés
  - Les conduites à risque
  - L'alcool
  - La ruralité

# La situation française

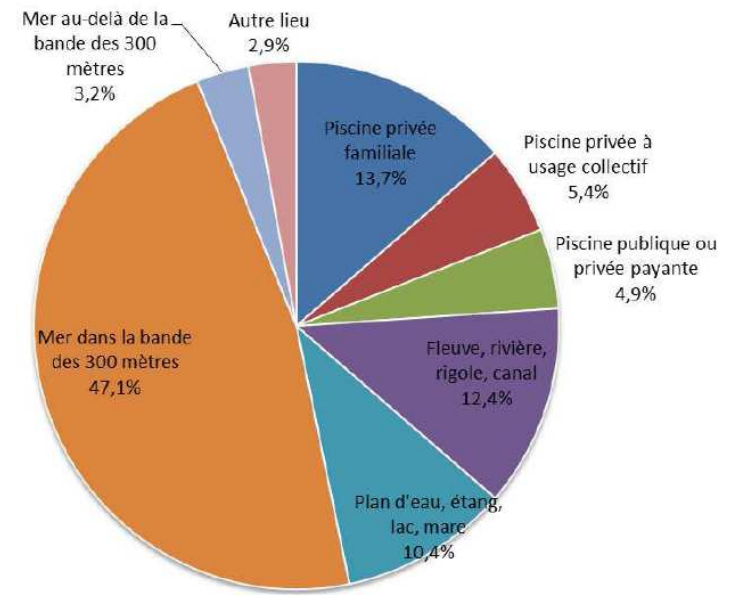


- Une évaluation épidémiologique bien menée par l'INVS
  - Évaluations en 2015, 2012, 2009, 2006, 2003, 2004
- Un **nombre de noyade stable**
  - 1226 noyades accidentelles en 2015
  - 1366 en 2009; 1207 en 2006
- Un **taux de mortalité qui ne diminue pas**
  - 436 décès (soit 34%) en 2015
  - 34% en 2009 contre 33% en 2006
- Mais aucune donnée médicale précise

# La situation française



440 noyades chaque année, 23% de mortalité



Source : INVS 2009, 2015

# Où se noie t-on en fonction de l'âge ?



	0-5 ans	6-12 ans	13-19 ans	20-24 ans	25-44 ans	45-64 ans	≥ 65 ans	Inconnu	Total	%
<b>Piscines</b>	151	43	18	7	14	19	51		<b>303</b>	<b>23,9</b>
dont :										
Privées familiales	96	11	5	1	8	9	43		173	13,7
Privées à usage collectif	30	14	4	4	4	5	7		68	5,4
Publiques ou privées payantes	25	18	9	2	2	5	1		62	4,9
<b>Cours d'eau</b>	9	5	12	11	48	43	28	1	<b>157</b>	<b>12,4</b>
<b>Plans d'eau</b>	14	16	28	8	16	23	27		<b>132</b>	<b>10,4</b>
<b>Mer</b>	35	47	62	41	88	137	227		<b>637</b>	<b>50,3</b>
dont :										
< 300 mètres	34	46	59	39	80	121	217		596	47,1
≥ 300 mètres	1	1	3	2	8	16	10		41	3,2
<b>Autres</b>	17	1	1	1	4	7	6		<b>37</b>	<b>2,9</b>
<b>Total</b>	<b>226</b>	<b>112</b>	<b>121</b>	<b>68</b>	<b>170</b>	<b>229</b>	<b>339</b>	<b>1</b>	<b>1266</b>	
<b>%</b>	<b>17,9</b>	<b>8,8</b>	<b>9,6</b>	<b>5,4</b>	<b>13,4</b>	<b>18,1</b>	<b>26,8</b>	<b>0,1</b>		<b>100</b>

**Données 2015**

# De la définition à la physiopathologie

Ou l'inverse ...



# Définition – vers la simplification

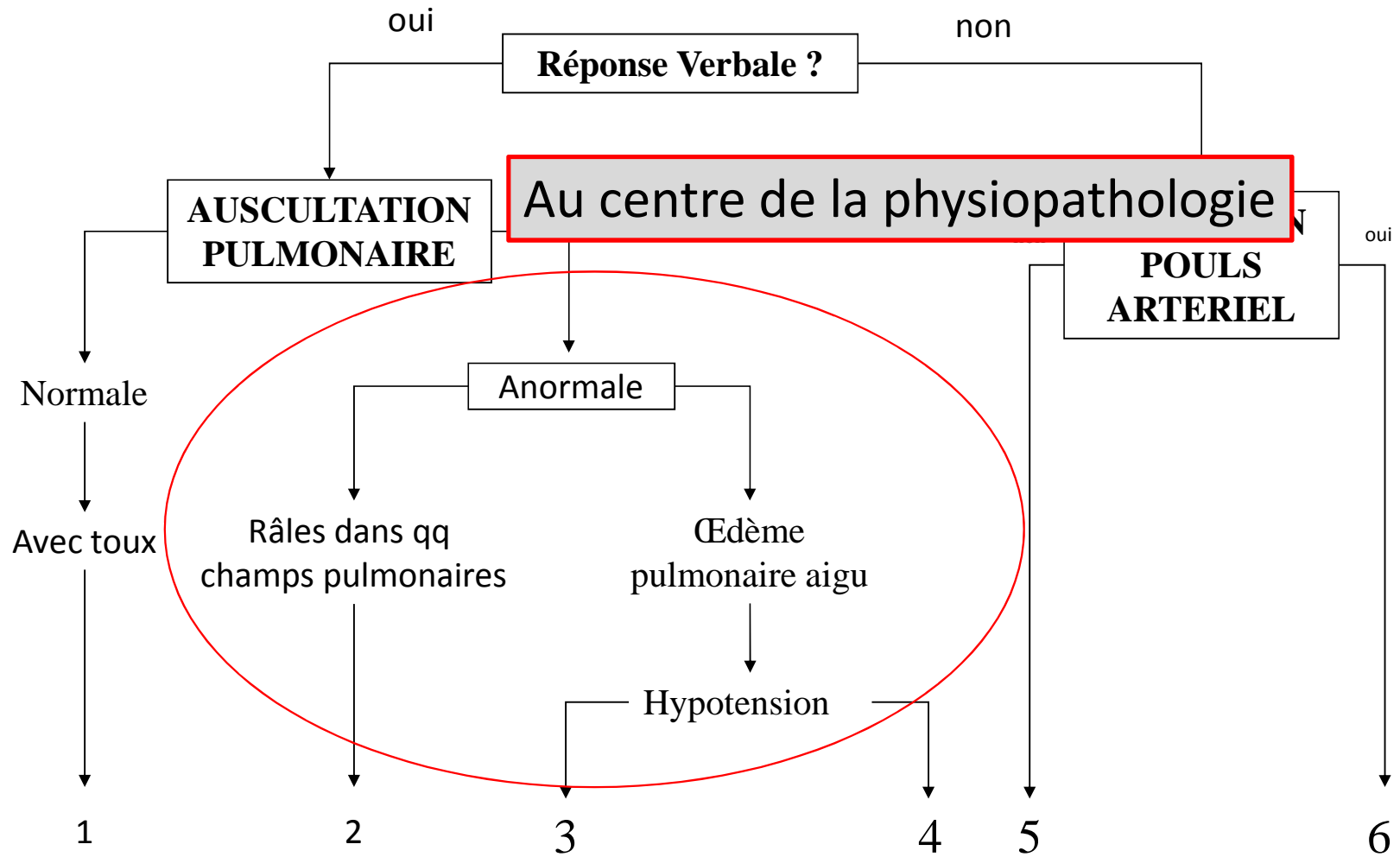
- La noyade:

*Etat résultant d'une insuffisance respiratoire provoquée par la submersion ou l'immersion en milieu liquide*

- Défaillance respiratoire aiguë

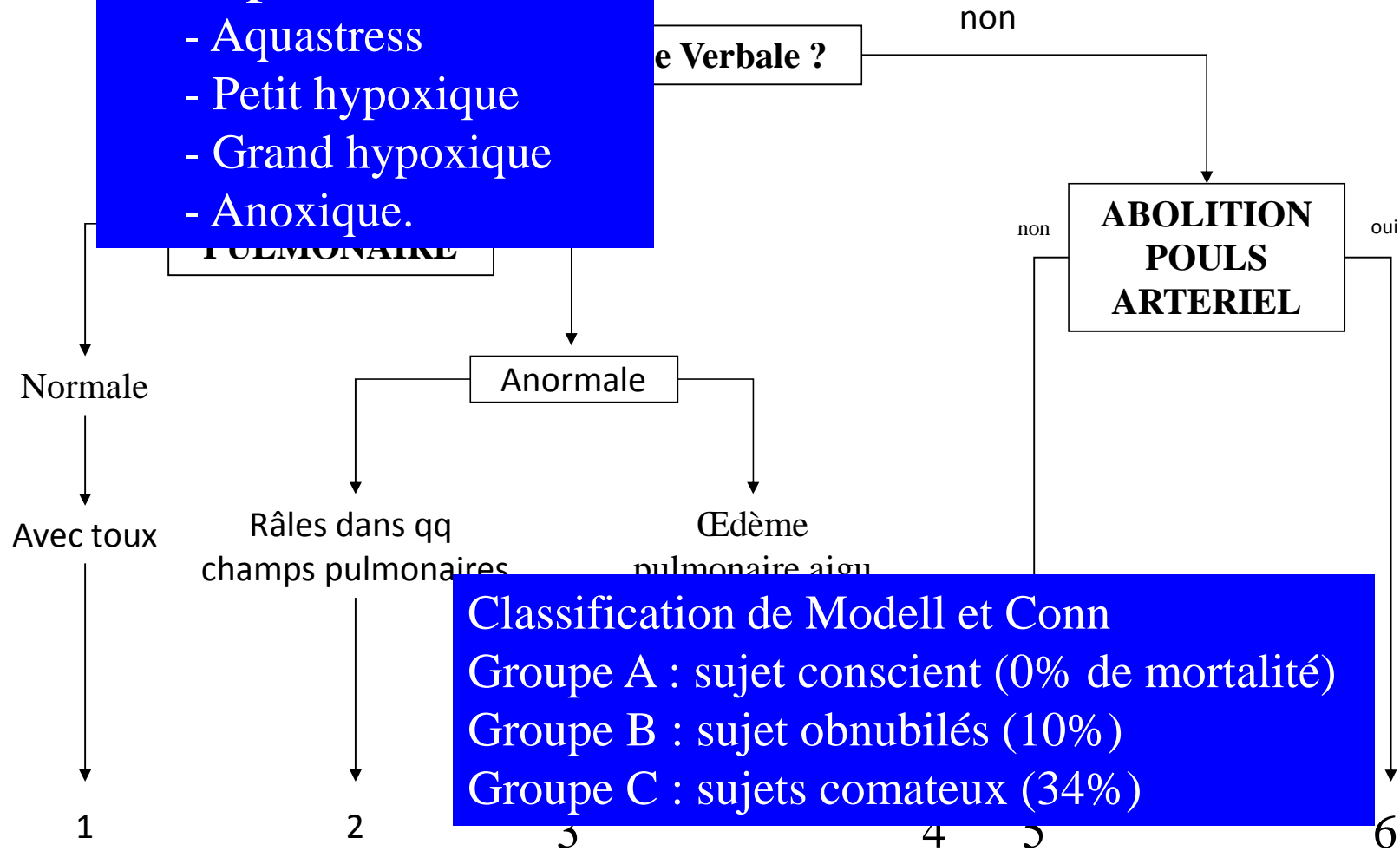
- Élément physiopathologique majeur responsable d'une hypoxémie
- Défaillances viscérales secondaires à l'hypoxémie
  - Arrêt cardiaque
  - Coma et encéphalopathie post-anoxique
  - Défaillance rénale
  - Défaillance hématologique (CIVD)

# Algorithme de Szpilman



# La répartition INVS

- Aquastress
- Petit hypoxique
- Grand hypoxique
- Anoxique.



## Classification de Modell et Conn

Groupe A : sujet conscient (0% de mortalité)

Groupe B : sujet obnubilés (10%)

Groupe C : sujets comateux (34%)

# Physiopathologie – encore méconnue

- Insuffisance respiratoire aiguë : OK
  - Ingestion >> Inhalation
- Insuffisance cardio circulatoire
  - Finalité = Arrêt Cardiaque Hypoxique
  - Mais avant ??
    - Tachycardie : OK
    - Décharge catécholaminergique ??

Résolutivité rapide de l'IRA



OAP ??

## Physiopathologie – encore méconnue

- Insuffisance respiratoire aiguë : OK
  - Ingestion >> Inhalation
- Insuffisance cardio circulatoire
  - Finalité = Arrêt Cardiaque Hypoxique
  - Mais avant ??
    - Tachycardie : OK
    - Décharge catécholaminergique ??
- Participation métabolique ?

Drowning, haemodilution, haemolysis and staining of the intima  
of the aortic root – preliminary observations

Roger W. Byard <sup>a,b,\*</sup>, Glenda Cains <sup>a</sup>, Ellie Simpson <sup>a</sup>, David Eitzen <sup>a</sup>, Michael Tsokos <sup>c</sup>

JOURNAL OF  
CLINICAL  
FORENSIC  
MEDICINE

2006

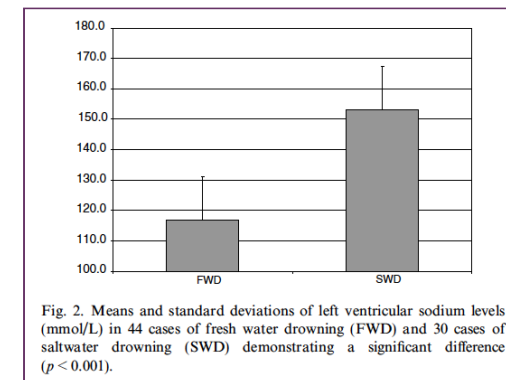
- Etude observationnelle

- 74 victimes :

- 44 en eau douce (age = 43,4 ans)
    - 30 en eau de mer (age = 60.5 ans)
    - Mesure du Na dans le ventricule gauche (**post mortem**)

- Résultats

- Eau douce :  $117 \pm 14.2$  mmol/l  
(93 – 147)
  - Eau de mer :  $153 \pm 14.4$  mmol/l  
(123 – 183)
  - $P = 0.001$



Drowning, haemodilution, haemolysis and staining of the intima of the aortic root – preliminary observations

Roger W. Byard <sup>a,b,\*</sup>, Glenda Cains <sup>a</sup>, Ellie Simpson <sup>a</sup>, David Eitzen <sup>a</sup>, Michael Tsokos <sup>c</sup>

JOURNAL OF  
CLINICAL  
FORENSIC  
MEDICINE

- Etude observationnelle
  - 74 victimes :
    - 44 en eau douce (age = 43,4 ans)
    - 30 en eau de mer (age = 60.5 ans)
    - Mesure du Na dans le ventricule gauche (**post mortem**)
- Résultats (p=0,001)
  - Eau douce : 117 ± 14.2 mmol/l
  - Eau de mer : 153 ± 14.4 mmol/l

	Na	K	pH	
Eau de mer	145± 5	4 ± 0.6	7,23 ± 0,13	NS
Eau douce	132 ± 4	4,3 ± 0,6	7,13 ± 0,19	

Drowning

David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orłowski, M.D.



Plus d'allusion précise

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

## Drowning in fresh and saltwater has the same respiratory and metabolic course in a matched cohort study

Pierre MICHELET<sup>1</sup>, Marion DUSART<sup>1</sup>, Laurence BOIRON<sup>1</sup>, Julien MARMIN<sup>1</sup>, Tarak MOKNI<sup>3</sup>, Anderson LOUNDOU<sup>2</sup>, Mathieu COULANGE<sup>4</sup>, Thibaut MARKARIAN<sup>1</sup>.

Eur J Emerg Med 2018 en Révision

	Fresh Water Group	Sea Water Group	p
<b>Respiratory parameters</b>			
PEEP (cmH <sub>2</sub> O) *	7 ± 4	5 ± 4	0.11
Inspiratory pressure (cmH <sub>2</sub> O) §	12 ± 4	10 ± 4	0.46
pH 0H	7.18 ± 0.24	7.25 ± 0.14	0.610
PaFiO <sub>2</sub> 0H	141 ± 76	220 ± 122	0.023
PaFiO <sub>2</sub> 12H	229 ± 105	202 ± 73	0.386
pCO <sub>2</sub> 0H (mmHg)	48 ± 13	47 ± 11	0.952
pCO <sub>2</sub> 12H (mmHg)	38 ± 8	43 ± 6	0.069
NIV length of use (day)	1.4 ± 2	1.2 ± 7	0.638
MV length of use (day)	7 ± 17	9 ± 15	0.394
<b>Metabolic parameters</b>			
Sodium 0H (mmol/l)	140 ± 5.2	144 ± 6.8	0.004
Potassium 0H (mmol/l)	4.12 ± 0.8	4.32 ± 0.9	0.323
Lactates 0H (mmol/l)	4.2 [1.5-14.4]	2.5 [1.4-3.9]	0.127
Protein 0H (g/l)	63 ± 13	70 ± 9	0.026

**Conclusions:** Despite initial differences in respiratory function, the type of water did not influence the clinical outcomes for patients admitted to ICU after drowning





25<sup>ème</sup> Congrès Aquitain de Médecine d'Urgence

Collège Aquitain de Médecine d'Urgence

7 & 8 FÉVRIER 2018 PESSAC (33)

INSTITUT DES MÉTIERS DE LA SANTÉ HÔPITAL XAVIER ARNOZAN

# Pronostic de l'AC sur Noyade

## Pronostic des patients

- **Fonction de la durée d'immersion**

Quan L et al. Predicting outcome of drowning at the scene: A systematic review and meta-analyses. Resuscitation 2016;104:63–75

- **Fonction de la rapidité d'intervention des secours**

Jeong J et al. Relationship between drowning location and outcome after drowning-associated out-of-hospital cardiac arrest:nationwide study. Am J Emerg Med. 2016;34(9):1799–803

- **Fonction du stade de gravité lors de la prise en charge**

## Prognostic factors and outcome after drowning in an adult population

M. A. BALLESTEROS et al. Acta Anaesthesiol Scand 2009; 53: 935–940

Results: There were 43 patients (five children and 38 adults), with male predominance. Fifteen patients, all adults (34.9%), died

Table 3

Univariate analysis of the main variables.

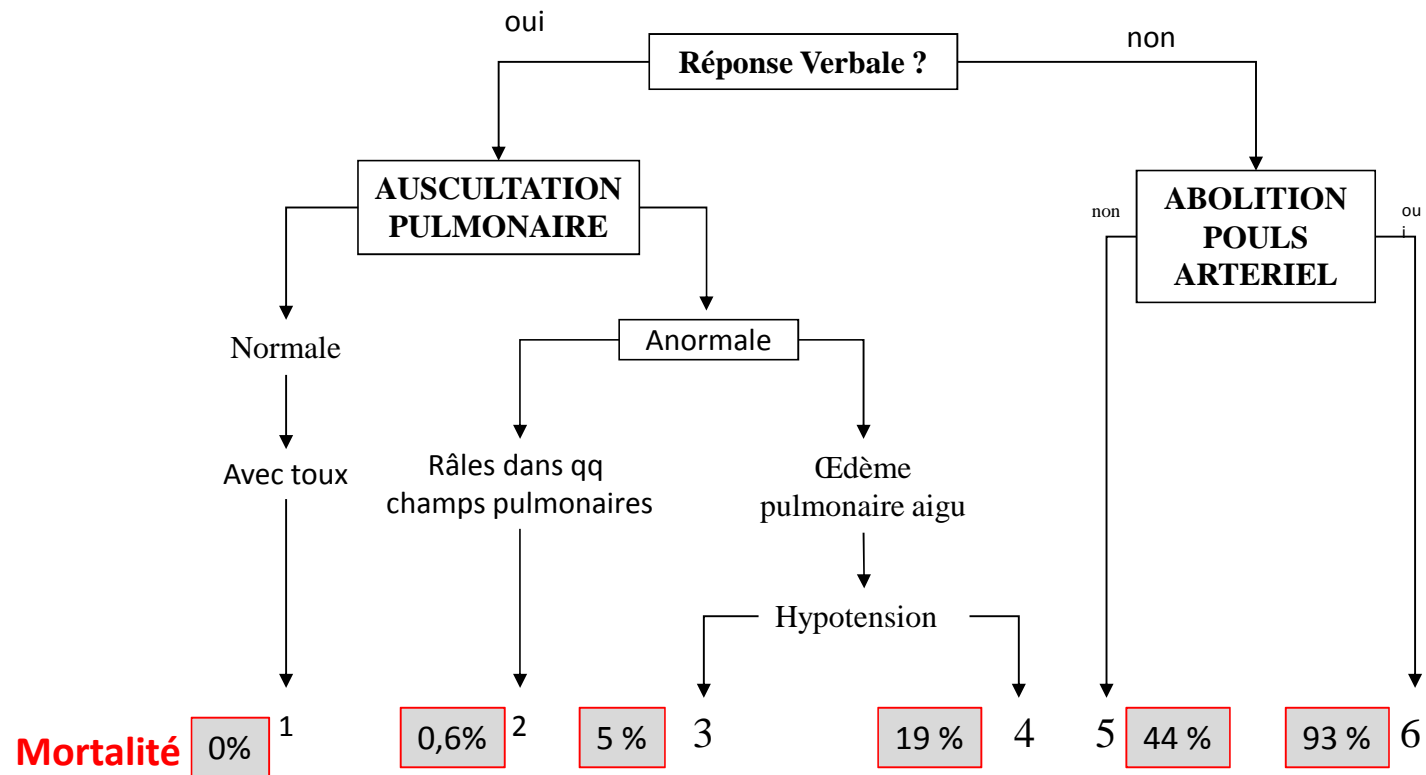
	N	$\beta$	SE	OR (95% CI)	P
Constant			0.320		
Age (years)	43	0.041	0.017	1.04 (1.01–1.08)	0.018
Submersion time (minutes)	30	0.350	0.138	1.42 (1.08–1.86)	0.011
Water temperature (°C)	22		0.253	0.61 (0.37–0.99)	0.047
Glycaemia (mg/dl)	34	0.014	0.006	1.01 (1.00–1.03)	0.013
GCS (points)	42		0.113	0.641 (0.51–0.80)	<0.005
No pupillary reactivity	41	3.376	0.948	29.25 (4.56–187.70)	<0.005
APACHE II score (points)	34	0.296	0.091	1.34 (1.13–1.61)	0.001

OR is expressed with respect to each increase or decrease in the unit of measurement in which the variable is expressed. APACHE II, acute physiology and chronic health evaluation; GCS, Glasgow Coma Score;  $\beta$ , logistic regression coefficient; SE, standard error; OR, odds ratio.

Lavelle JM et al. CCM 1993

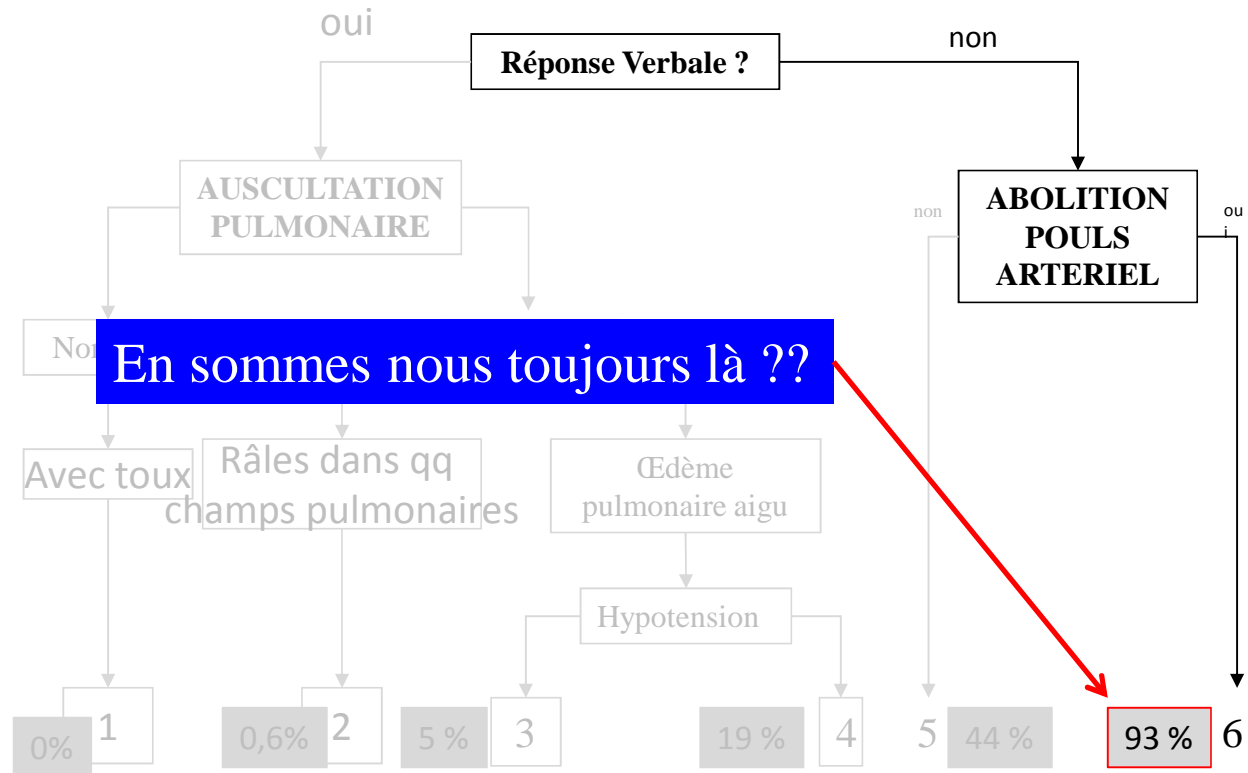
# Algorithme de Szpilman

Szpilman D. et al Chest 1997; 112 : 660-665



# Algorithme de Szpilman

Szpilman D. et al Chest 1997; 112 : 660-665



Étude rétrospective sur 3 ans  
7 réanimations de la côte  
méditerranéenne

S Grmec et al. Int J Emerg Med 2009; 2: 7-12 = 44% !!  
Mais qu'après des patients vivants à l'arrivée à l'H.

Détresse Respiratoire Aigue Post Noyade (n=126)

38 patients en ACR médicalisé



60% de mortalité à 28 jours

> 15 % de survie globale en incluant les ACR non récupérés sur place

VS

93 % de mortalité dans la série de Szpilman

Michelet P et al. Eur J Emerg Med, 2015

**Can we identify termination of resuscitation criteria in cardiac arrest due to drowning: results from the French national out- of-hospital cardiac arrest registry**

Hubert H, Escutnaire J, Michelet P, et al

Journal of Evaluation in Clinical Practice. 2016 17(8):712:20



## Registre RéAC.

- Amélioration de la survie si :
  - Rapidité d'intervention des secours OR: 0.960[0.925; 0.996]
  - Réduction de la période de no flow OR: 0.535[0.313; 0.913]
  - Association avec la ventilation OR: 6.742[2.043; 22.250]

AC et Noyade :  
Toujours MCE « ET » VA

## Analyse univariée

Variabiles	Vivants n=195	Décédés n=47	p
<b>Sexe F</b>	75 (38%)	18 (38%)	
<b>M</b>	120 (62%)	29 (62%)	0,963
<b>âge</b>	54,5 +/- 20	52,2 +/- 21	0,488
<b>Eau de mer</b>	160 (82%)	36 (77%)	0,392
<b>ACR</b>	44 (23%)	46 (98%)	<0,001
<b>Glasgow</b>	13	3	<0,001
<b>IGS II</b>	35 +/- 18	79 +/- 14	<0,001
<b>T° H0</b>	35,8 +/- 2,1	32,9 +/- 2,8	<0,001
<b>PAM H0</b>	86 +/- 20	78 +/- 28	0,113
<b>Fc H0</b>	93 +/- 22	92 +/- 31	0,818
<b>pH H0</b>	7,28 +/- 0,13	7,00 +/- 0,28	<0,001
<b>Lactates H0</b>	4 +/- 5	14 +/- 10	<0,001
<b>HCO3- H0</b>	20,9 +/- 4,2	13,2 +/- 5,8	<0,001
<b>PaO2/FiO2 H0</b>	172 +/- 115	195 +/- 123	0,351
<b>IOT initiale</b>	72 (37%)	47(100%)	<0,001
<b>VNI en pré-H</b>	38 (100%)	0	0,001
<b>Natrémie H0</b>	144 +/- 5	143 +/- 7	0,578
<b>Lésions lobaires</b>	36 (23%)	2 (5%)	
<b>Lésions diffuses</b>	122 (77%)	38 (95%)	0,011

Analyse univariée des facteurs pronostiques de décès chez les patients noyés admis en réanimation, n= 242 (Moyennes +/- écarts-types)



# Analyse multivariée

	OR (IC 95%)	p
pH H0	1,780 [0,008-376,4]	0.833
Lactatémie H0	1.175 [1,021-1,352]	0.024*
T° < 34.6°C H0	5,222 [1.390-19,63]	0.014*
HCO <sub>3</sub> - H0	0,901 [0,734-1,105]	0.316
Lésions diffuses radiologiques	14,26 [1,865-109,0]	0.010*

*Régression logistique du risque de mortalité selon les facteurs pronostiques*

*\* p < 0,05*



25<sup>ème</sup> Congrès Aquitain de Médecine d'Urgence

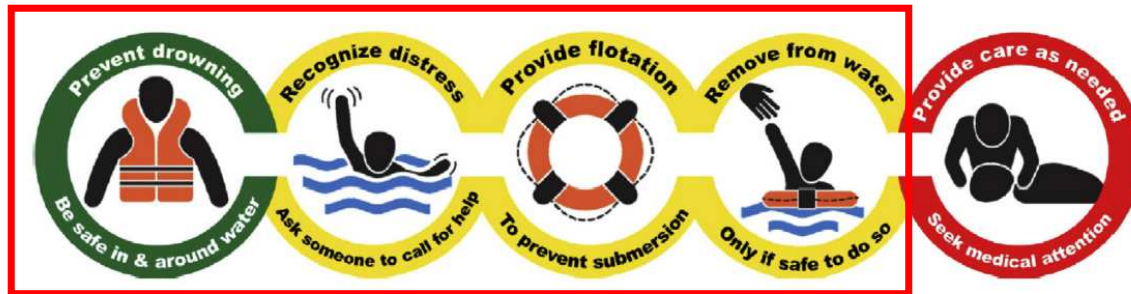
Collège Aquitain de Médecine d'Urgence

7 & 8 FÉVRIER 2018 PESSAC (33)

INSTITUT DES MÉTIERS DE LA SANTÉ HÔPITAL XAVIER ARNOZAN

# Prise en Charge Thérapeutique

# Chaine de survie de la noyade



Beaucoup d'éléments en rapport avec le secourisme

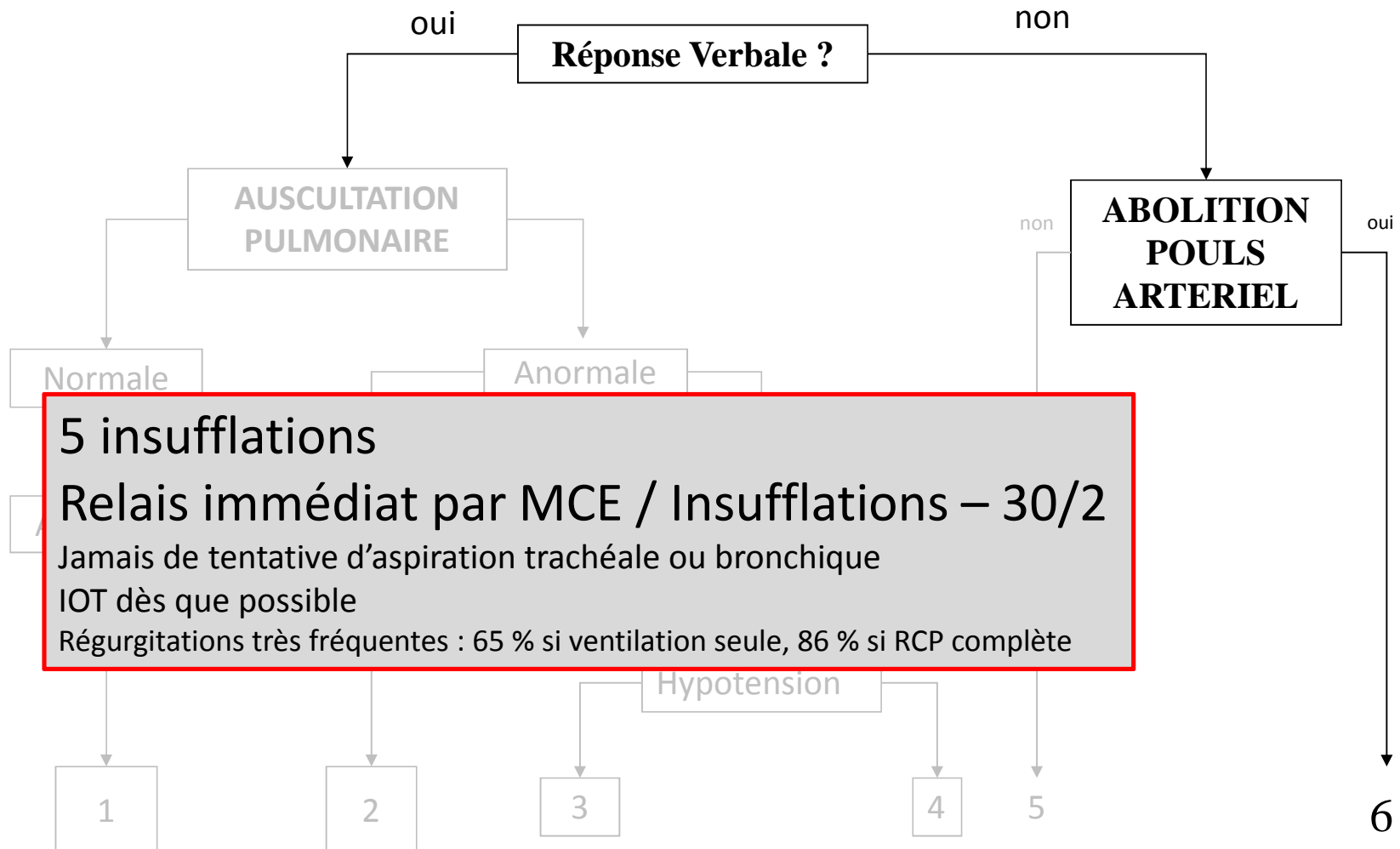


« Helper Drone »

# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

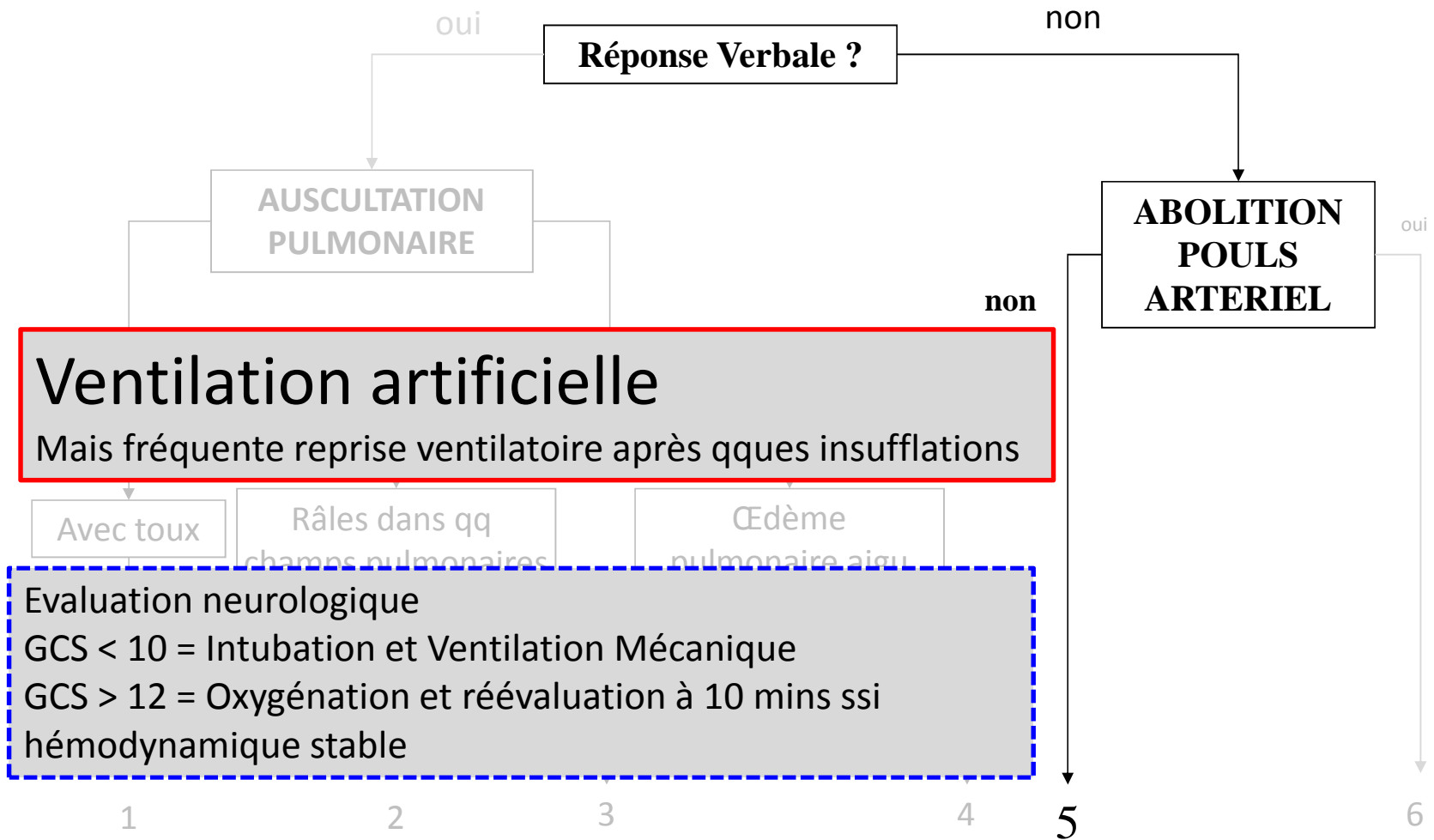
David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.



# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

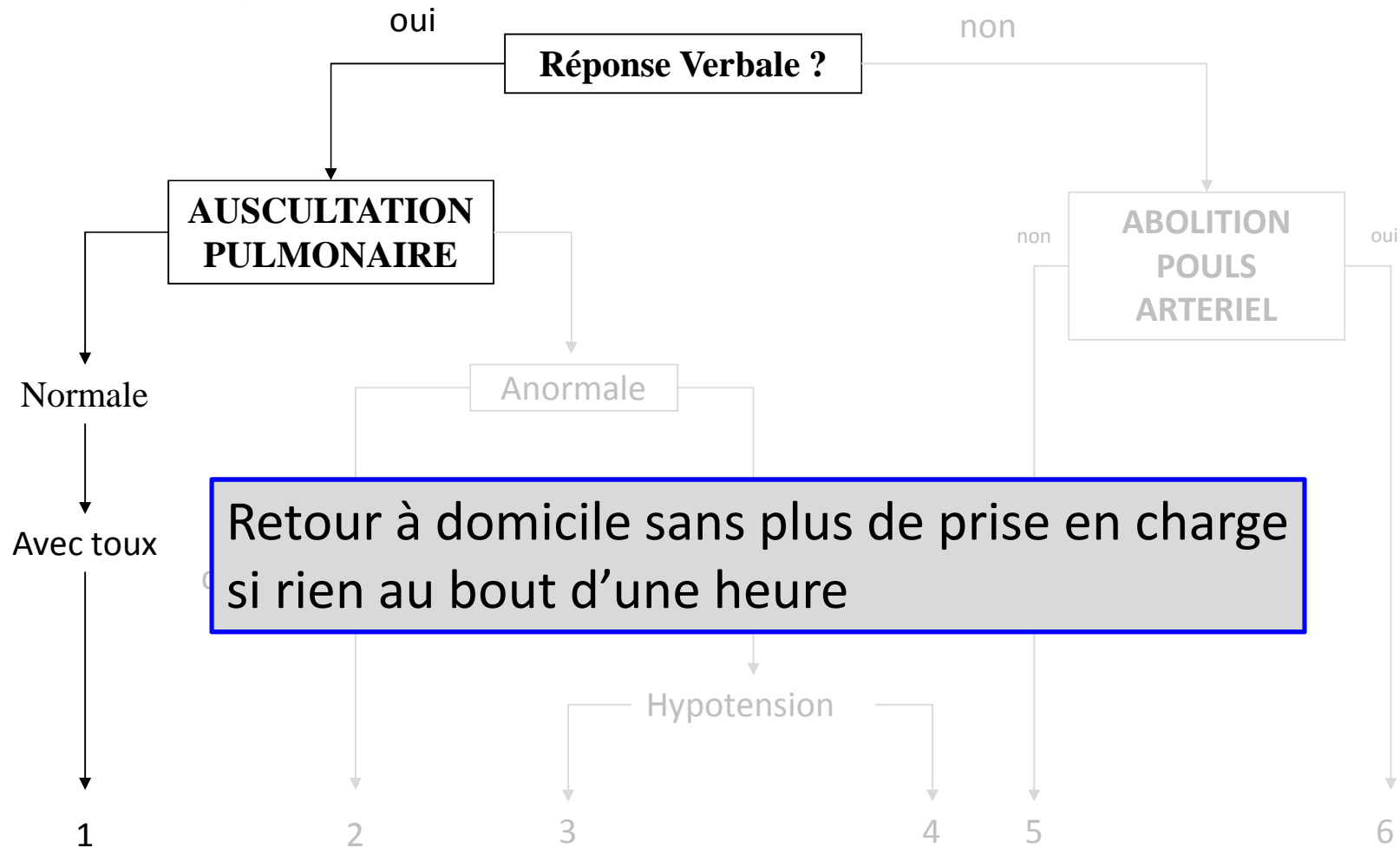
David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.



# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

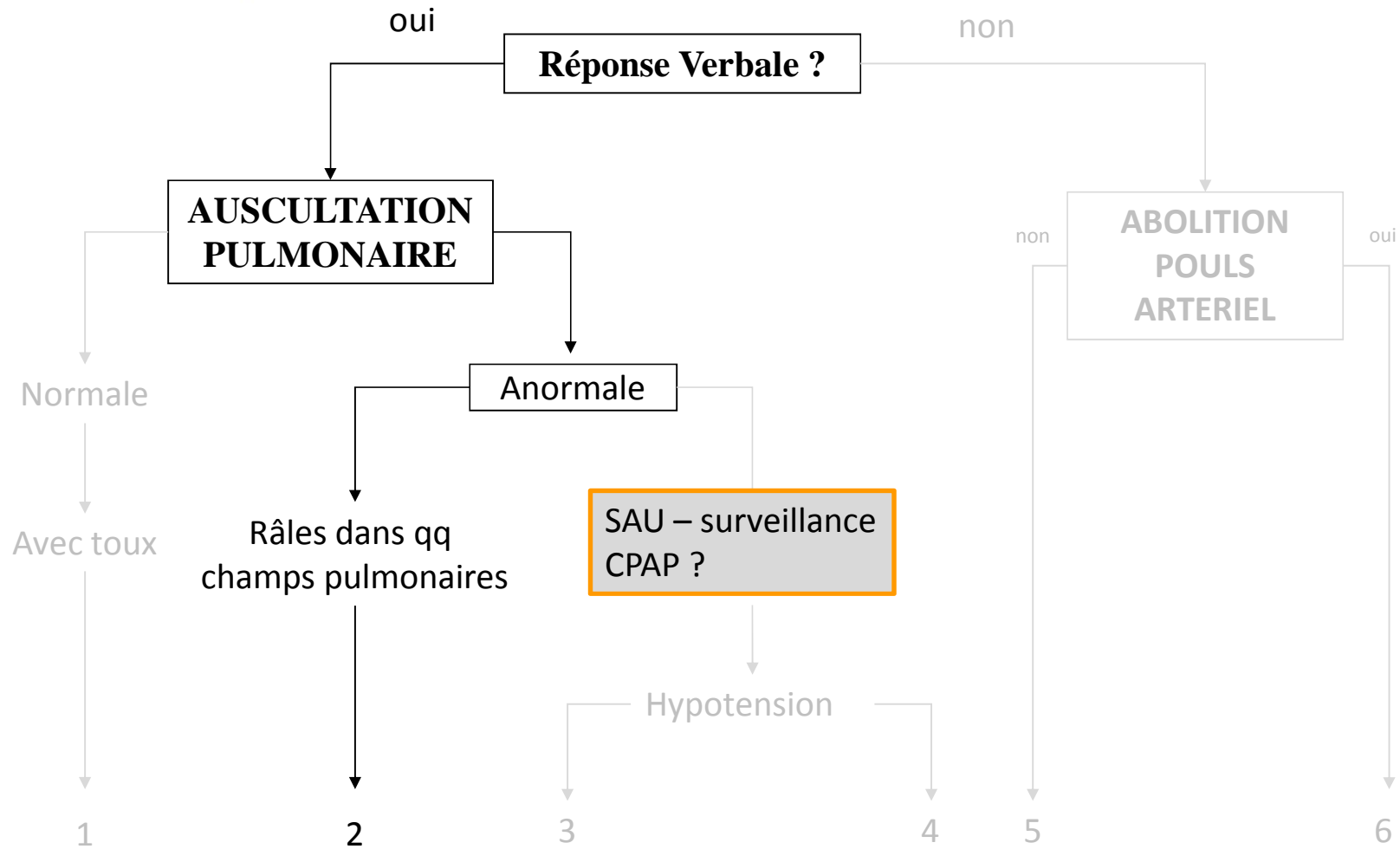
David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.



# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

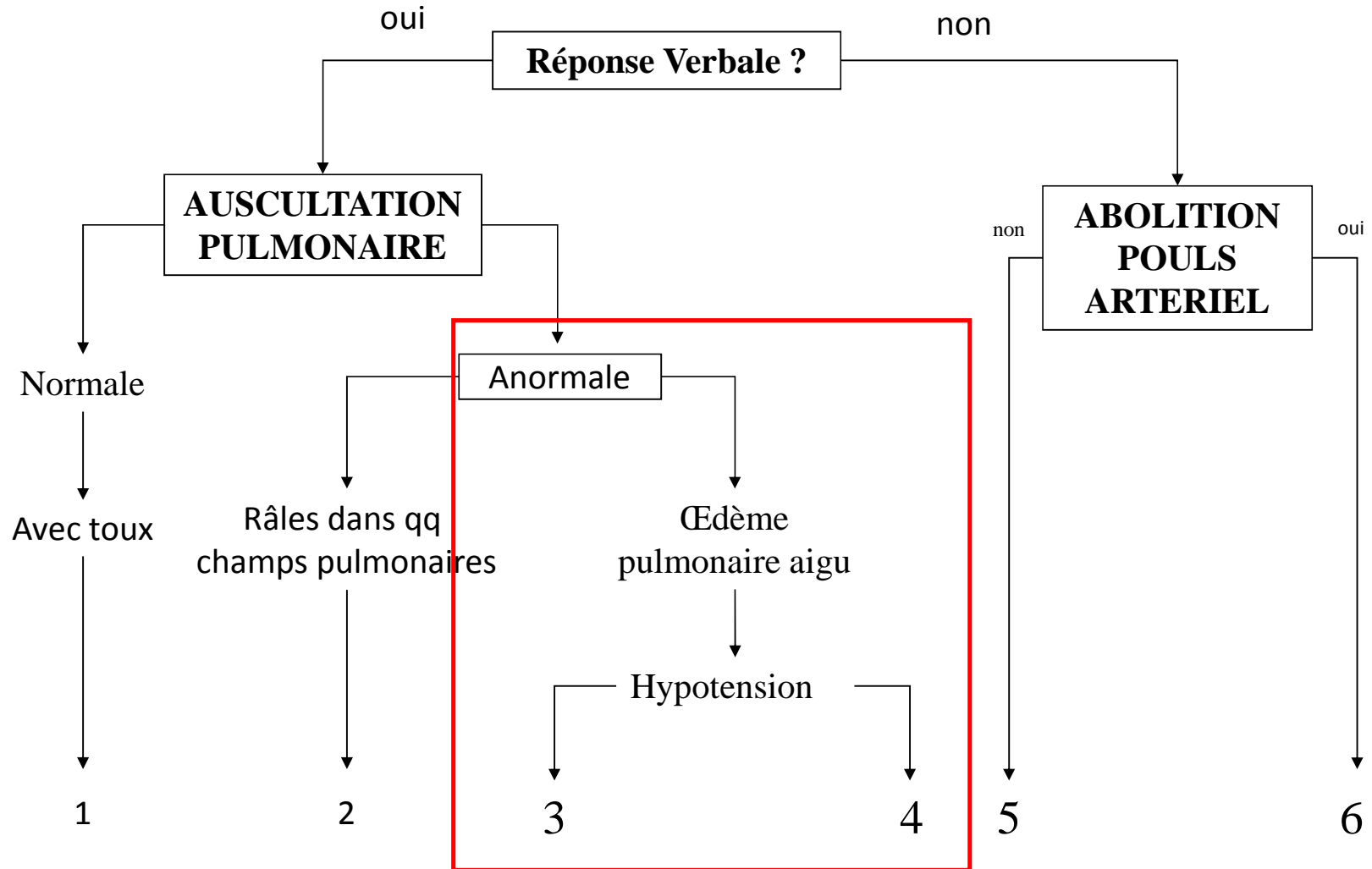
David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.



# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.





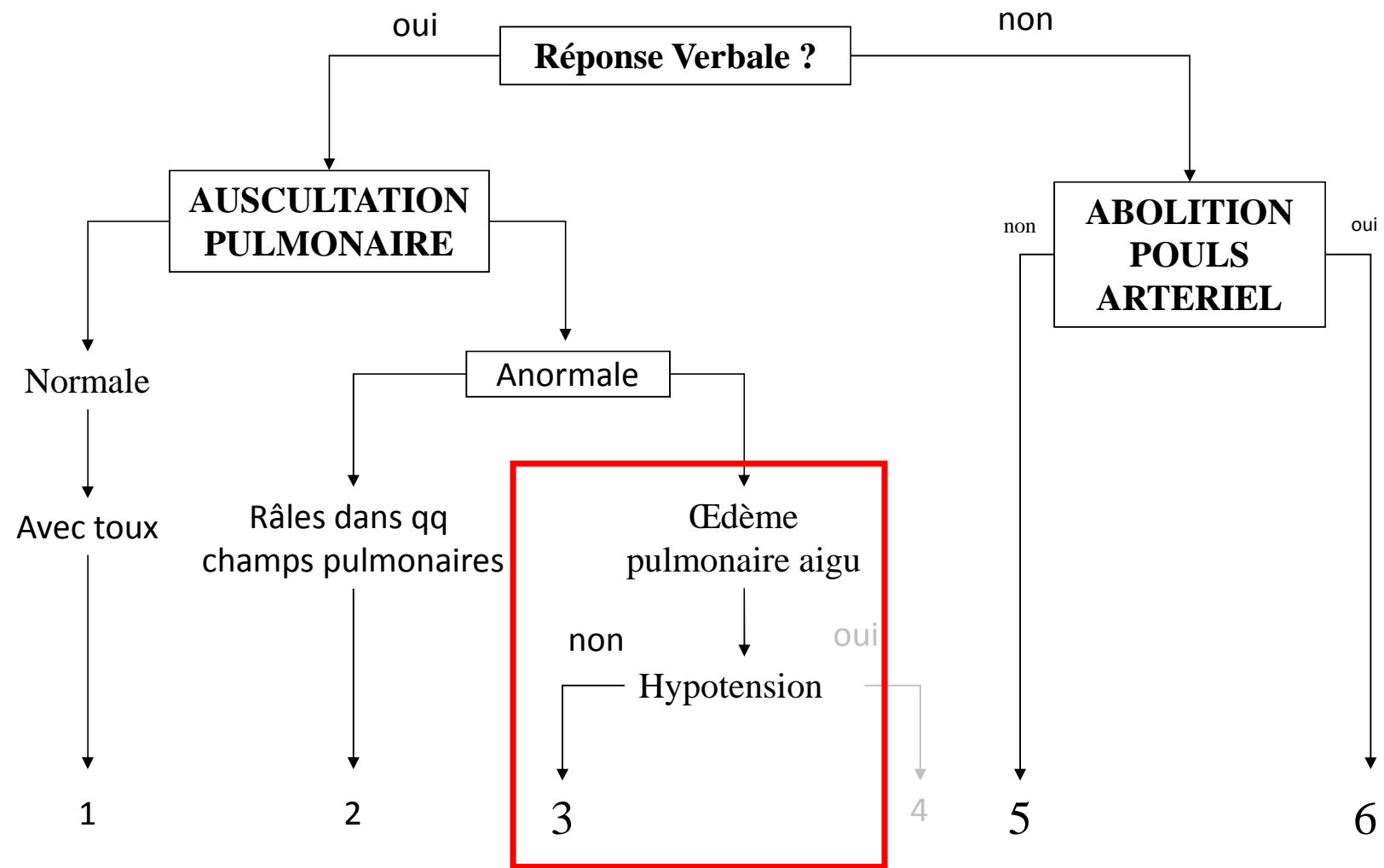
	ACR	Pas d'ACR	P
pH initial	7.11	7.27	<0.001
PaCO2 initiale (mmol/L)	49	46	NS
PaO2/FiO2	217	155	0.052
Température corporelle initiale (°C)	34.6	36.6	<0.001
PAM HO (mmHg)	84	90	NS
Fréquence cardiaque HO (/min)	91	93	NS
Remplissage vasculaire 24h (litre)	2.5	0.7	<0.001
Jours avec amines	3	0.3	<0.001
Défaillance cardiaque	40 %	3 %	<0.001
Glycémie (mmol/L)	14.3	8	<0.001
Lactatémie (mmol/L)	8.6	3.5	<0.001
Protidémie (g/L)	64	71	<0.05
Diurèse (mL)	2030	1550	<0.05
SAPS2	65	33	<0.05
SOFA	11	4	<0.05
Durée de séjour en réanimation (jour)	12	3	<0.05
Mortalité à 28 jours	60 %	0 %	<0.05

**Principaux paramètres comparatifs entre le groupe ACR et le groupe n'ayant pas présenté d'ACR (moyenne)**

# Drowning

N Engl J Med 2012;366:2102-10.

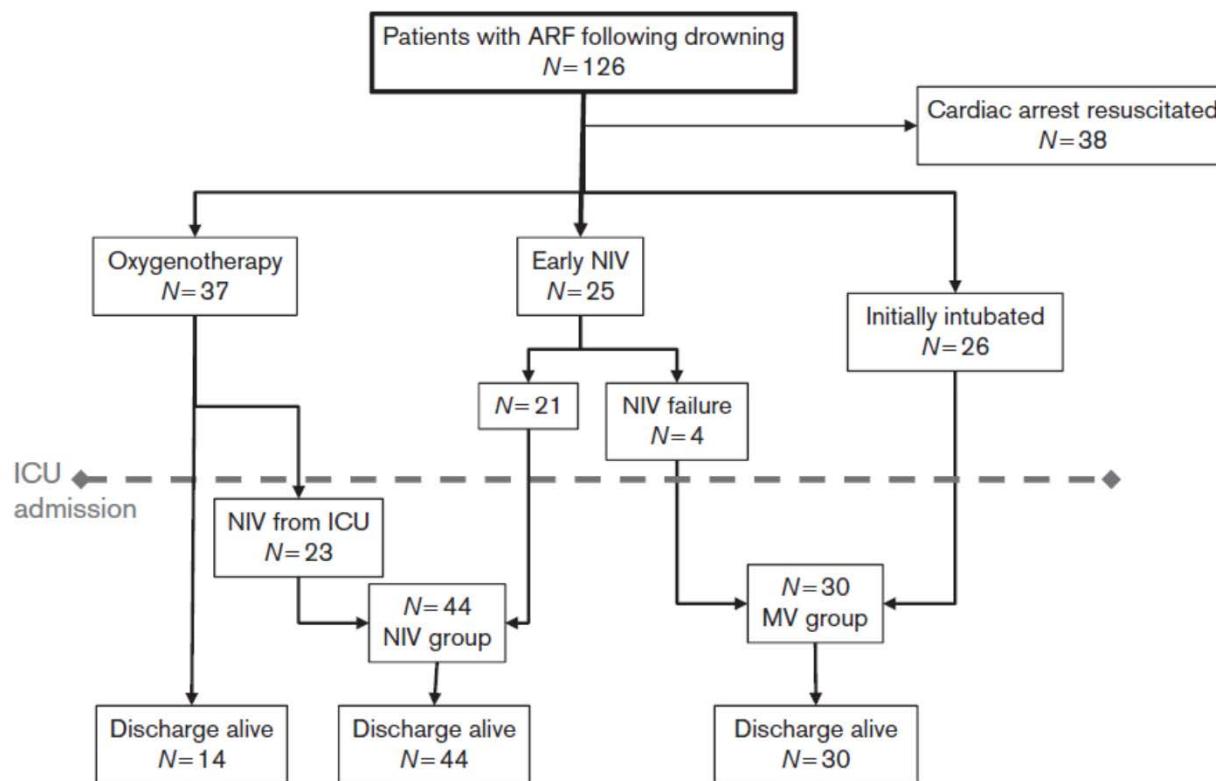
David Szpilman, M.D., Joost J.L.M. Bierens, M.D., Ph.D.,  
Anthony J. Handley, M.D., and James P. Orlowski, M.D.



## Acute respiratory failure after drowning: a retrospective multicenter survey

Pierre Michelet<sup>a</sup>, Fouad Bouzana<sup>a</sup>, Olivia Charmensat<sup>a</sup>, Fabrice Tiger<sup>b</sup>,  
Jacques Durand-Gasselino<sup>c</sup>, Sami Hraiech<sup>d</sup>, Samir Jaber<sup>e</sup>,  
Jean Dellamonica<sup>f</sup> and Carole Ichaï<sup>g</sup>

European Journal of Emergency Medicine 2015



Étude rétrospective sur 3 ans

7 réanimations de la côte méditerranéenne

Détresse Respiratoire Aigue Post Noyade (n=126)

GCS global de 8 +/- 5

38 patients en ACR

26 avec GCS de 7 +/- 2

48 patients ont amélioré leur GCS  
12 ± 3 à 14 ± 1 en moins de 15 mins

14 patients avec GCS de 14-15

**Table 1 Utstein style for drowning parameters**

	Oxygen group (N= 14)	NIV group (N= 44)	MV group (N= 30)
Age (years)	56± 21	65± 14	58± 23
Sex (male/female)	9/5	23/21	7/23
Cardiovascular disease (%)	2 (14)	20 (45)	8 (25)
Respiratory disease (%)	1(7)	3 (6.5)	5 (18)
Neurological disease (%)	1 (7)	6 (14)	8 (27)
Loss of consciousness [n (%)]	2 (10)	18 (36)	21 (26)
Glasgow Coma Scale	13± 2 <sup>a</sup>	14± 1 <sup>a</sup>	7± 2
Corporeal temperature (H0) (°C)	36.2± 1	36.7± 1.4	36.2± 1.2
Mean arterial pressure (H0) (mmHg) <sup>a</sup>	90± 22	96± 18	77± 18
Heart rate (H0) (beats/min) <sup>a</sup>	91± 25	92± 24	87± 26
pH (H0) <sup>a</sup>	7.33± 0.06	7.31± 0.08	7.23± 0.09
PaFiO <sub>2</sub> (H0) (mmHg) <sup>a</sup>	243± 154 <sup>b</sup>	156± 92	149± 95
PaCO <sub>2</sub> (H0) (mmHg) <sup>a</sup>	43± 8	44± 8	52± 11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/l) <sup>a</sup>	22± 2	22± 3	22± 4
Lactate (H0) (mmol/l) <sup>a</sup>	2.0± 0.6	2.9± 1.9	3.4± 2
SAPS 2 score	24± 8	28± 8	50± 19
SOFA score	1.7± 1	2.4± 2	6.5± 4
Incidence of infectious pneumonia [n (%)]	0	1 (2)	6 (20)
Length of ventilator support	–	1.4± 0.7	3± 2
ICU length of stay	1.4± 0.5	2 (1–7)	3 (1–14)

MV, mechanical ventilation; NIV, noninvasive ventilation; SAPS, Simplified Acute Physiology Score; SOFA, Sequential Organ Failure Assessment; H0, intensive care first assessment.

<sup>a</sup>Data recorded at the ICU admission.

<sup>b</sup>For PaFiO<sub>2</sub> ratio calculation, the measured PaO<sub>2</sub> on blood gas analysis was divided by 80% FiO<sub>2</sub> as oxygen concentration in the heavy oxygen supply mask.

**Acute respiratory failure after drowning: a retrospective multicenter survey**

Pierre Michelet<sup>a</sup>, Fouad Bouzana<sup>a</sup>, Olivia Charmensat<sup>a</sup>, Fabrice Tiger<sup>b</sup>, Jacques Durand-Gasselino<sup>c</sup>, Sami Hraiech<sup>d</sup>, Samir Jaber<sup>e</sup>, Jean Dellamonica<sup>f</sup> and Carole Ichai<sup>g</sup>

VNI possible et safe  
Patients en amélioration  
neurologique ou à statut  
neurologique OK

# Perspectives

- Physiopathologie
  - Place du cœur dans la physiopathologie ?
    - Sidération myocardique ?
    - Incompétence VD ?
- Thérapeutique
  - Projet de PHRC National sur CPAP et DRA post Noyade
- Prévention
  - Amélioration de la rapidité de mise à disposition de moyens de flottabilité

Merci de votre écoute