

I Revues générales

Mesure de la saturation pulsée en oxygène en pédiatrie : clés pour l'interprétation

RÉSUMÉ : La saturation pulsée en oxygène (SpO₂) est un paramètre vital facilement et rapidement mesurable, quel que soit l'âge du patient pédiatrique. Néanmoins, comme tout paramètre, sa mesure doit être réalisée dans des conditions optimales afin d'éviter des erreurs d'interprétation et de surcroît des erreurs diagnostiques et thérapeutiques.

Après quelques rappels sur le principe de mesure de la SpO₂, nous allons tenter de répertorier les principaux facteurs pouvant être à l'origine d'un risque d'erreur. Nous proposons ensuite un algorithme décisionnel (d'après Verhovsek et al.) face à une désaturation afin d'aider le praticien dans sa démarche diagnostique et, si confirmation de l'hypoxémie, nous rappelons les objectifs de SpO₂ proposés en 2012 par le Groupe de Recherche sur les Avancées en Pneumologie Pédiatriques (GRAPP), en fonction de la situation clinique.



S. EGUINTA¹, M. FAYON²

¹ Pneumologue-allergologue, Pôle d'exploration des apnées du sommeil (PEAS), Nouvelle Clinique Bel-Air, BORDEAUX,

² Pneumologie pédiatrique, CRCM pédiatrique, CIC 1401, Hôpital Pellegrin-Enfants, CHU, BORDEAUX.

La saturation pulsée en oxygène (SpO₂) fait partie des paramètres vitaux couramment mesurés du fait de sa facilité de réalisation et de son caractère non invasif. Elle est généralement considérée comme normale pour une valeur comprise entre 95 et 100 %. Elle permet rapidement d'obtenir une estimation fiable de la pression en oxygène du sang (pO₂). Il s'agit d'une aide précieuse car l'œil humain a parfois quelques difficultés à reconnaître une cyanose, et lorsque celle-ci est décelée, elle témoigne déjà d'une hypoxémie très sévère. En effet, la cyanose est décelable pour une saturation < 85 % en l'absence d'anémie. La saturation pulsée permet alors d'agir rapidement dès la moindre désaturation.

Néanmoins, bien que cette mesure soit simple et rapide, comme tout paramètre vital, elle doit être réalisée dans des conditions optimales en essayant de s'affranchir autant que possible de certains biais pouvant affecter sa mesure. Après quelques rappels sur les principes

de mesure, nous allons réaliser une revue des principaux risques d'erreurs pouvant compromettre son interprétation. Nous proposons enfin, un algorithme décisionnel afin de guider la conduite à tenir face à une désaturation mise en évidence en saturation pulsée.

■ Principes de mesure

L'oxymètre de pouls dispose de deux types de diodes émettant chacune une lumière avec une longueur d'onde différente : une lumière rouge et une infrarouge, ainsi qu'un récepteur. Les diodes et le récepteur sont placés de part et d'autre du site de mesure du patient (doigt, oreille...). Les lumières rouge et infrarouge traversent alors la peau du patient, et la lumière restant après le passage transcutané est analysée après avoir éliminé la lumière ambiante. Le rapport lumière rouge/lumière infrarouge qui en résulte est le reflet de l'oxyhémoglobine et l'hémoglobine réduite. La SpO₂

détermine l'absorption des deux types de longueur d'onde de lumière : rouge à 660 nm et infrarouge à 940 nm, puis établit un rapport de ces deux longueurs d'onde [1]. L'utilisation de deux longueurs d'onde pour la mesure limite le saturomètre à la mesure de l'oxyhémoglobine et de l'hémoglobine réduite uniquement. En effet, l'oxyhémoglobine absorbe peu la lumière rouge mais ne laisse pas passer la lumière infrarouge et inversement pour l'hémoglobine réduite. Les résultats sont obtenus grâce à des abaques prédéfinis. L'oxymètre fait appel aux principes physiques de la loi de Beer-Lambert, selon laquelle la concentration d'un milieu (en oxygène, dans notre cas), est proportionnelle à sa façon de transmettre la lumière qui le traverse. Dès l'âge de 6 mois, nous possédons 4 types d'hémoglobine : l'oxyhémoglobine (O₂Hb), l'hémoglobine réduite (HbR), la carboxyhémoglobine (COHb) et la méthémoglobine (MethHb). En dehors des contextes d'intoxication, seules l'oxyhémoglobine et l'hémoglobine réduite interviennent dans la mesure de la SpO₂. Les quatre types d'hémoglobine ont des capacités différentes d'absorption des lumières rouge et infrarouge (**fig. 1**).

■ Erreurs de mesure

La mesure de la SpO₂ dépend donc de plusieurs paramètres et chacun peut être à l'origine d'une erreur de mesure : le saturomètre utilisé, sa position, le patient et sa pathologie sous-jacente. Nous allons donc essayer de voir dans quelle mesure ces différents paramètres peuvent interagir avec la mesure de la SpO₂. Nous ne traiterons pas dans cet article des différences de fiabilité entre les différentes marques de saturomètre.

>>> La position du saturomètre : en pédiatrie et notamment en néonatalogie, la position du saturomètre au niveau du doigt ne peut pas toujours être obtenue, et la position au niveau de la plante du pied ou de la paume de main est parfois préférée. Néanmoins, peu d'études se sont attachées à l'impact de ces positions du saturomètre sur la précision et la fiabilité de mesure de la saturation. Une étude menée chez des enfants de moins de 2 ans avait pour but de comparer la discordance entre la SpO₂ et la paO₂ obtenue en gazométrie artérielle (SpO₂ – paO₂). Celle-ci a montré une moindre

fiabilité de la position au niveau de la plante du pied par rapport à l'orteil mais aucune différence entre le doigt et la paume de main (plante : SpO₂ – paO₂ = 2,9 +/- 3,9 vs. orteil 1,6 +/- 2,2, p = 0,02) [2]. Il est recommandé d'utiliser un capteur à usage unique.

>>> Mesure de la saturation en altitude : il semblerait que la valeur seuil de 95 % ne serait pas adaptée à la recherche d'une hypoxémie en altitude. Par ailleurs, l'adaptation à l'altitude varie en fonction de l'origine ethnique, et des mesures dans plusieurs pays permettraient d'obtenir des valeurs fiables [3]. Une étude menée chez 190 enfants en bonne santé âgés de 5 mois à 2 ans vivant en altitude (2640 m au-dessus du niveau de la mer) a montré que la SpO₂ moyenne était d'environ 93,3 % vs 96,4 % au niveau de la mer. La saturation était également significativement plus basse chez les enfants les plus jeunes 92,6 % à 1 mois *versus* 93,7 % entre 13 et 18 mois [4].

>>> Mouvements du patient : les artéfacts liés aux mouvements (mobilité, tremblements, frissons) peuvent être à l'origine d'un défaut de mesure surtout en pédiatrie, où il est parfois difficile voire impossible de garder le patient stable. Les mouvements du patient sont à l'origine d'une instabilité entre la position des émetteurs et des capteurs. Le signal doit être stable, idéalement depuis 5 minutes.

>>> Les troubles du rythme cardiaque : la mesure de la SpO₂ prend en compte les pulsations cardiaques pour analyse seule du sang artériel. Pour cela, le saturomètre réalise plusieurs mesures à la seconde et établit les moments d'absorption minimale et maximale pour les deux longueurs d'onde afin d'analyser l'hémoglobine dans le sang pulsatile artériel. Ainsi, en cas de trouble du rythme cardiaque, l'analyse peut être perturbée. Dans certains cas, on peut également voir une pulsatilité du réseau veineux, mais des algorithmes présents sur les saturomètres actuels de pouls permettent de s'en affranchir.

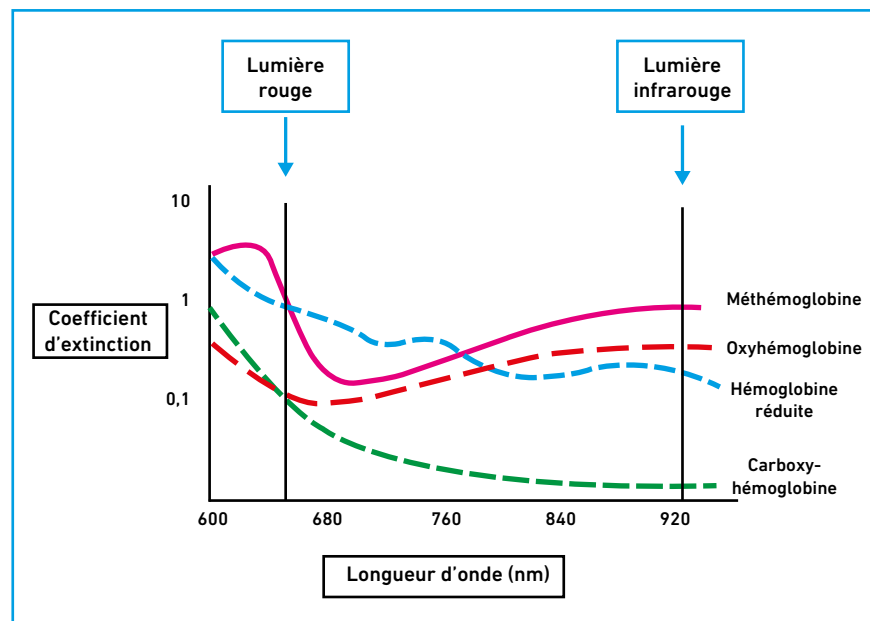


Fig. 1 : Différents spectres d'absorption de la lumière rouge et infrarouge en fonction des 4 types d'hémoglobines (d'après Barker *et al.*).

I Revues générales

>>> Cyanose et hypoperfusion tissulaire : un signal lumineux suffisant doit être détecté, et donc en cas d'hypoperfusion tissulaire des extrémités, les résultats peuvent alors être erronés. La SpO₂ peut alors sous-estimer la paO₂. La mesure pulsée de la saturation en oxygène peut présenter des défauts de fiabilités en cas de mesure inférieure à 90 % surtout entre 81 et 85 %. En effet, une étude menée chez des 225 enfants intubés-ventilés a pu mettre en évidence un écart de plus de 6 % entre la saturation pulsée mesurée et la réelle valeur obtenue par co-oxymétrie pour des saturations inférieures à 85 % [5]. Lorsque le taux d'hémoglobine désoxygénée dans le sang atteint entre 4 à 6 mg/dL, la cyanose peut être vue. Ce sang est bleu ou violet donnant la peau et des muqueuses, leur apparence.

>>> Anémie : la mesure reposant sur le signal renvoyé par l'hémoglobine, on pourrait penser qu'une anémie qui plus est sévère pourrait affecter la sensibilité du saturomètre. Pourtant, une étude certes ancienne réalisée chez des patients présentant une anémie très sévère, jusqu'à 2,3 g/dL, montre que l'erreur de mesure du saturomètre avoisine celle retrouvée pour des patients non anémiés [6]. En cas d'anémie sévère, la mesure de la SpO₂ s'impose car on ne peut se fier à la surveillance de l'apparition d'une cyanose. Normalement, une saturation en oxygène entre 80-87 % donnerait lieu à une cyanose clinique apparente. Chez un patient avec un taux d'hémoglobine (Hb) à 7,5 g/dL, la cyanose apparaît pour une SpO₂ à 33 %, comparativement à un taux d'Hb à 15 g/dL où la cyanose apparaît pour une SpO₂ à 66 % [7].

>>> Hyperbilirubinémie : il semblerait que l'hyperbilirubinémie n'aurait aucune influence sur la SpO₂. En effet, le spectre d'absorption de la bilirubine se situe aux alentours de 460 nm, et donc à distance des longueurs d'ondes prises en compte par l'oxymètre. En cas d'ictère néonatal, la mesure de la SpO₂ semble fiable. Néanmoins, peu d'études s'y sont

penchées et elles sont par ailleurs contradictoires [8,9].

>>> Vernis à ongle : même en pédiatrie, nous pouvons être confrontés à la présence de vernis à ongle. Celle-ci altère la qualité du signal, notamment s'il s'agit d'une couleur noire, marron, bleue ou verte [10,11]. Il semblerait que la couleur rouge ne pose pas de problème. Néanmoins, le saturomètre ne tenant compte que des variations des longueurs d'onde sur un mode pulsatile, nous avons du mal à expliquer l'effet de la variation de la saturation étant donné le caractère statique de l'ongle même s'il est coloré.

>>> Couleur de peau : la SpO₂ surestime le SaO₂ chez les sujets à la peau noire de 3,56 +/- 2,45 % vs 0,37 +/- 3,20 % chez les sujets à la peau claire (P < 0,0001) cela, en cas d'hypoxémie sévère avec une SaO₂ < 70 % [12].

POINTS FORTS

- La SpO₂ détermine l'absorption des deux types de longueur d'onde de lumière : rouge à 660 nm et infrarouge à 940 nm, puis établit un rapport de ces deux longueurs d'onde [1]. Le rapport lumière rouge/lumière infrarouge qui en résulte est le reflet de l'oxyhémoglobine et l'hémoglobine réduite.
- Plusieurs paramètres modifiables ou non peuvent compromettre la mesure de la SpO₂ (position et stabilité du capteur, rythme cardiaque, hypoperfusion, anémie sévère).
- Toute diminution de la SpO₂ n'est pas forcément synonyme d'hypoxémie, comme c'est notamment le cas en présence d'une méthémoglobinémie.
- En cas d'intoxication au monoxyde de carbone, une SpO₂ normale doit toujours être confrontée à une mesure de la paO₂ en gazométrie afin de ne pas méconnaître une réelle hypoxémie.
- Toute discordance de plus de 5 % entre la SpO₂ et la paO₂, en l'absence d'autre étiologie, doit faire rechercher une hémoglobinoopathie.
- La mesure de la SpO₂, n'est pas un outil de monitoring d'une ventilation. Le bon déroulement d'une oxygénothérapie nécessite une surveillance par gazométrie afin de ne pas méconnaître une hypercapnie.

>>> Crise drépanocytaires vaso-occlusive : chez les patients drépanocytaires, plusieurs paramètres peuvent influencer sur la mesure de la SpO₂ (anémie, peau foncée). Dans le cas de la crise drépanocytaire vaso-occlusive, la SpO₂ surestime la SaO₂ d'environ 5 à 6 % [13].

>>> Intoxications : deux intoxications doivent notamment être connues du clinicien du fait de leur interférence avec l'interprétation de la SpO₂. En effet, l'intoxication au monoxyde de carbone (CO), fréquente et potentiellement mortelle impose dans certains cas une oxygénothérapie hyperbare. Cependant, le risque d'erreur est important si on se fie à la SpO₂ pour poser l'indication ou non d'un traitement. En effet, la carboxyhémoglobine et l'oxyhémoglobine ont des spectres d'absorption identiques de la lumière rouge (**fig. 1**). Ainsi, le saturomètre ne fait plus la différence entre la

COHb et l'O₂Hb. La COHb mime donc l'O₂Hb avec une majoration de la SpO₂. Toute augmentation de 1 % de COHb, entraîne une augmentation de 1 % la SpO₂. Dans ce cas d'intoxication au CO, il faut toujours confronter une SpO₂ normale à une gazométrie artérielle afin de ne pas méconnaître une hypoxémie. Par ailleurs, la méthémoglobinémie (MetHb) peut être évoquée devant l'existence d'une pO₂ normale associée à une SpO₂ diminuée. Cela s'explique par un coefficient d'extinction de la MetHb supérieur à la O₂Hb à la fois au niveau de la lumière rouge et de la lumière infra-rouge.

>>> Hémoglobinopathies : au moins 1 000 variants d'hémoglobines ont été décrits [14] avec dans certains cas des interférences avec la mesure de la SpO₂. L'association entre la pO₂ et la SpO₂ s'établit sous la forme d'une courbe sigmoïde selon la courbe de dissociation de l'hémoglobine. Ainsi à l'état normal, une SpO₂ à 90 % correspond à une pO₂ aux alentours de 60 mmHg. Certaines mutations peuvent être sans effet au niveau de l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène, ou entraîner une hyperaffinité avec un déplacement de la courbe de dissociation de l'Hb vers la gauche ou la diminuer avec un déplacement de la courbe vers la droite. Ainsi, toute discordance entre la SpO₂ et la pO₂ en l'absence d'autres causes doit faire évoquer une hémoglobinopathie.

■ Algorithme décisionnel

Après avoir éliminé autant que possible les artéfacts pouvant compromettre la mesure de la SpO₂, et dans le cas d'une diminution de la SpO₂, l'interrogatoire et l'examen clinique doivent s'attacher à rechercher une étiologie évidente avec notamment une pathologie pulmonaire ou cardiaque. En l'absence de cause évidente, et surtout si une oxygénothérapie n'a aucun effet sur la SpO₂, une mesure de la pO₂ doit être obtenue par gazométrie artérielle. Toute discordance de

plus de 5 % entre la SpO₂ et la paO₂ doit faire évoquer une hémoglobinopathie ou une intoxication.

Nous proposons un algorithme décisionnel d'après l'article de Verhovsek *et al.* exposant la conduite diagnostique à tenir devant une diminution de la SpO₂ [15] (fig. 2).

■ Conduite à tenir devant une hypoxémie aiguë

Une fois la diminution de la SpO₂ confirmée, il faut alors débiter une oxygénothérapie en tenant compte des valeurs cibles en fonction de la situation clinique. Le Groupe de Recherche sur les Avancées en Pneumologie Pédiatriques (GRAPP) a

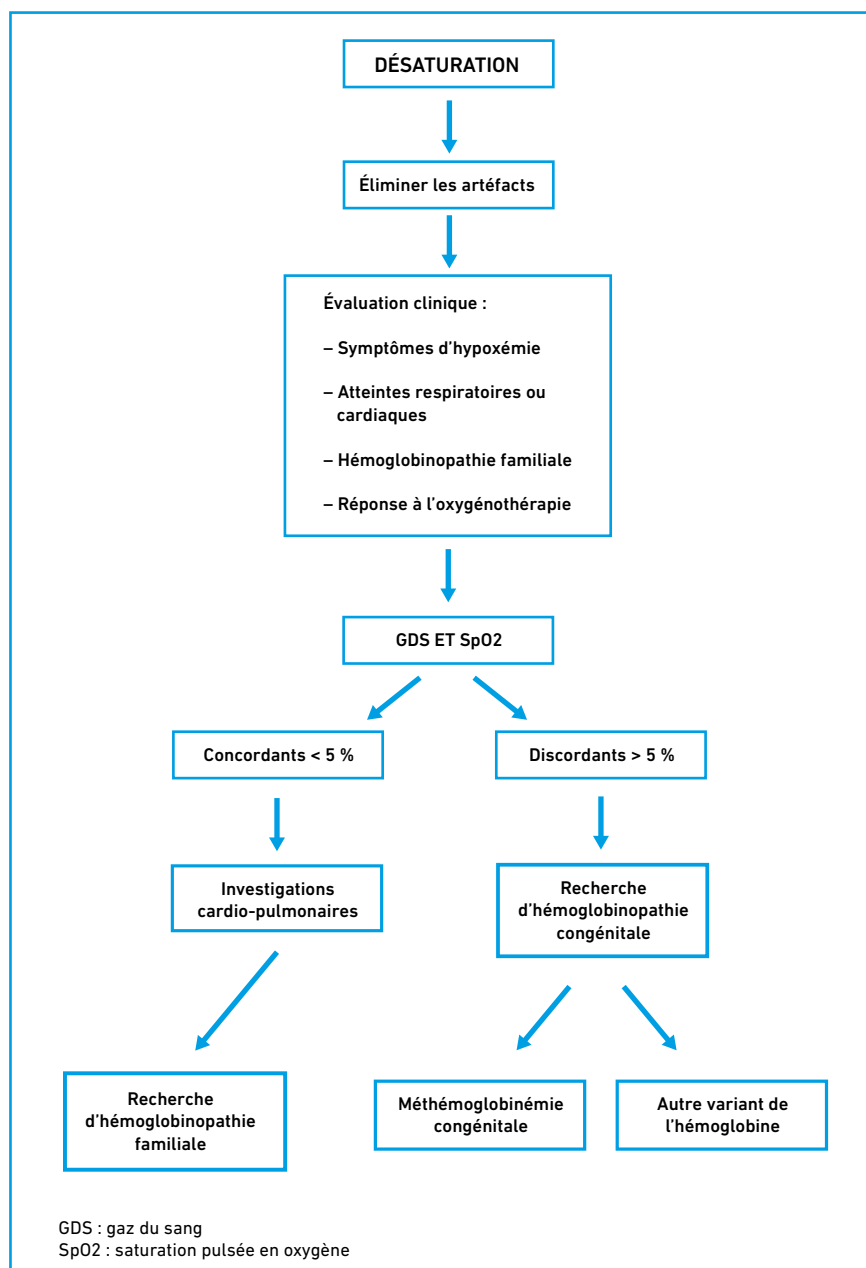


Fig. 2 : Algorithme décisionnel face à une désaturation (d'après Verhovsek *et al.*).

Revue générale

proposé en 2012, un algorithme décisionnel exposant la conduite à tenir face à une hypoxémie aiguë [16] (fig. 3).

Conclusion

Bien que la mesure de la saturation soit aisée et cela à tous les âges de la pédiatrie, la connaissance des risques d'erreur est primordiale afin de ne pas méconnaître une réelle hypoxémie mais également afin de ne pas instaurer une oxygénothérapie inutile du fait de ses effets potentiellement délétères surtout en néonatalogie. La mise en évidence d'une diminution de la SpO₂ doit déclencher certains automatismes à l'interrogatoire et à l'examen clinique permettant le plus souvent d'éviter des examens complémentaires inutiles, coûteux et stressants pour le patient et sa famille. Il est également important de rappeler que la mesure de la SpO₂ ne permet pas de monitorer l'efficacité d'une ventilation. En effet, si elle donne une estimation de

la pO₂, la pCO₂ n'est pas évaluée avec un risque d'hypercapnie si l'oxygénothérapie est inadaptée notamment en cas d'hypoventilation alvéolaire. Par ailleurs, il est de plus en plus courant que des particuliers disposent d'un saturomètre à domicile. Le prix de ces dispositifs est très variable tout comme leur fiabilité. Il est important de se référer aux recommandations du constructeur pour optimiser leur utilisation et donc leur fiabilité. Des guides de bon usage des oxymètres de pouls sont également disponibles pour les patients [17].

BIBLIOGRAPHIE

1. CARBAJAL R. Pulse oximetry in pediatrics. *Arch Pediatr*, 1996;3:1129-1135.
2. SEDAGHAT-YAZDI F *et al.* Pulse oximeter accuracy and precision affected by sensor location in cyanotic children. *Pediatr Crit Care Med*, 2008;9:393-397.
3. HOFFMAN JJ. Is Pulse Oximetry Useful for Screening Neonates for Critical Congenital Heart Disease

- at High Altitudes? *Pediatr Cardiol*, 2016;37:812-817.
4. LOZANO JM *et al.* Pulse oximetry reference values at high altitude. *Arch Dis Child*, 1992;67:299-301.
5. ROSS PA *et al.* Accuracy of Pulse Oximetry in Children. *Pediatrics*, 2014;133:22-29.
6. JAY GD *et al.* Pulse oximetry is accurate in acute anemia from hemorrhage. *Ann Emerg Med*, 1994;24:32-35.
7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK367/>
8. VEYCKEMANS *et al.* Hyperbilirubinemia does not interfere with hemoglobin saturation measured by pulse oximetry. *Anesthesiology*, 1989;70:118-122.
9. RALSTON AC *et al.* Potential errors in pulse oximetry: Effects of interference, dyes, dyshaemoglobins and other pigments. *Anaesthesia*, 1991;46:291-295.
10. COTE CJ *et al.* The effect of nail polish on pulse oximetry. *Anesth Analg*, 1988;67:683-686.
11. MALLORY M *et al.* What Is the Effect of Fingernail Polish on Pulse Oximetry? *Chest*, 2003.
12. BICKLER PE *et al.* Effects of skin pigmentation on pulse oximeter accuracy at low saturation. *Anesthesiology*, 2005;102:715-719.
13. BLAISDELL CJ *et al.* Pulse oximetry is a poor predictor of hypoxemia in stable children with sickle cell disease. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 2000;154:900-903.
14. HARDISON RC *et al.* A relational database of human hemoglobin variants and thalassemia mutations at the globin gene server. *Hum Mutat*, 2002;19:225-233.
15. VERHOVSEK M *et al.* Unexpectedly low pulse oximetry measurements associated with variant hemoglobins: a systematic review. *Am J Hematol*, 2010;85:882-885.
16. AUBERTIN G *et al.* Recommandations pour l'oxygénothérapie chez l'enfant en situations aiguës et chroniques: évaluation du besoin, critères de mise en route, modalités de prescription et de surveillance. *Arch Pediatr*, 2012;19:528-536.
17. <https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/pulse-oximetry.pdf>

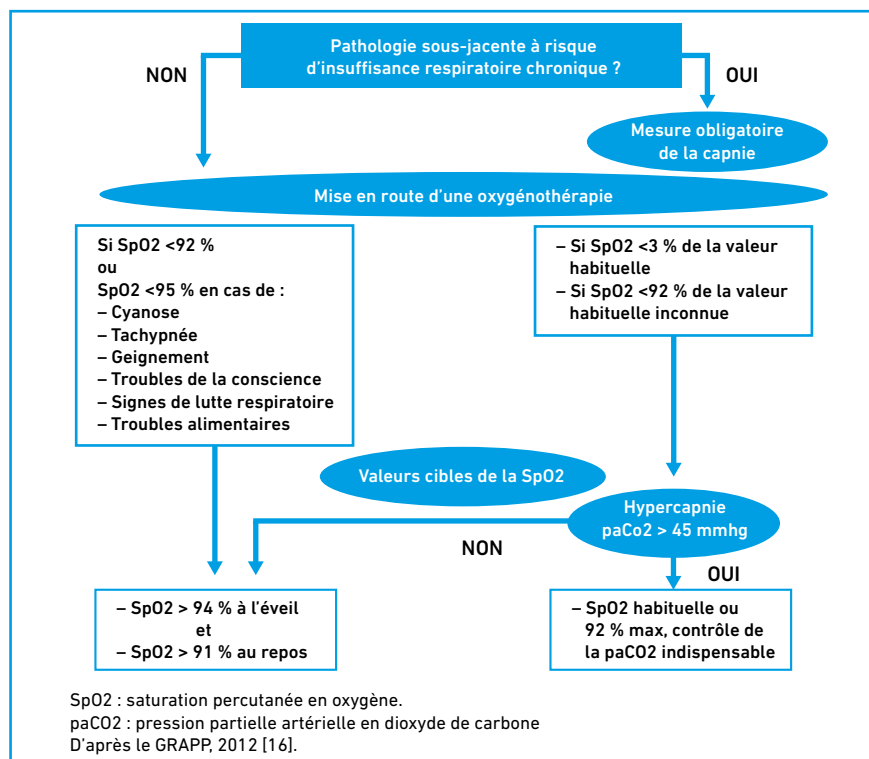


Fig. 3 : Critères de mise en route et valeurs cibles de l'oxygénothérapie en cas d'hypoxémie aiguë.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.