

**Zeitschrift:** Mobile : la revue d'éducation physique et de sport  
**Herausgeber:** Office fédéral du sport ; Association suisse d'éducation physique à l'école  
**Band:** 10 (2008)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Sur les traces de l'oxygène  
**Autor:** Bignasca, Nicola  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-995542>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 10.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Sur les traces de l'oxygène

Comment fonctionne le système respiratoire? Qui fait quoi?  
Quelques connaissances en anatomie et en physiologie sont nécessaires.  
Bref rafraîchissement de la mémoire.

Texte: Nicola Bignasca; photo: Philipp Reinmann

## Les organes

### Tous pour un

Les organes du système respiratoire comprennent les voies aériennes, les poumons, la plèvre, la cage thoracique et la musculature respiratoire. Ils garantissent le transport et l'échange de l'oxygène et du dioxyde de carbone entre l'atmosphère et le sang. Ce processus est appelé «respiration externe».

Le nez, le pharynx, la bouche, le larynx, la trachée, les bronches et les poumons constituent les voies respiratoires. Elles assurent deux fonctions essentielles:

- Elles mènent l'air de l'extérieur jusqu'aux 400 millions d'alvéoles à travers un système de canalisations complexe, puis en sens inverse après l'échange gazeux.
- Elles protègent les poumons en filtrant les particules étrangères, en humidifiant l'air inspiré pour prévenir le dessèchement de la surface alvéolaire (l'échange gazeux est sinon impossible) et en réchauffant l'air pour qu'il atteigne une température constante de 37° C dans les bronches lobaires.

Les poumons forment un tissu doux, spongieux et élastique. Les bronches, accompagnées des vaisseaux sanguins et lymphatiques, et les nerfs aboutissent dans les poumons au niveau du hile. Les alvéoles pulmonaires, en contact direct avec les bronchioles, sont regroupées comme des grappes de raisin dans le tissu pulmonaire. Elles sont le siège des échanges respiratoires.

La cage thoracique est constituée par le rachis (formé de douze vertèbres), les côtes (au nombre de douze paires) et le sternum. Sa mobilité est très importante pour la respiration. Elle permet l'expansion et la rétraction de l'espace thoracique. La cage thoracique se détend lors de l'inspiration et reprend sa forme lors de l'expiration. L'élasticité de la cage thoracique soutient ainsi l'inspiration et réduit l'effet généré par l'expiration.

## La musculature

### Une pompe vitale

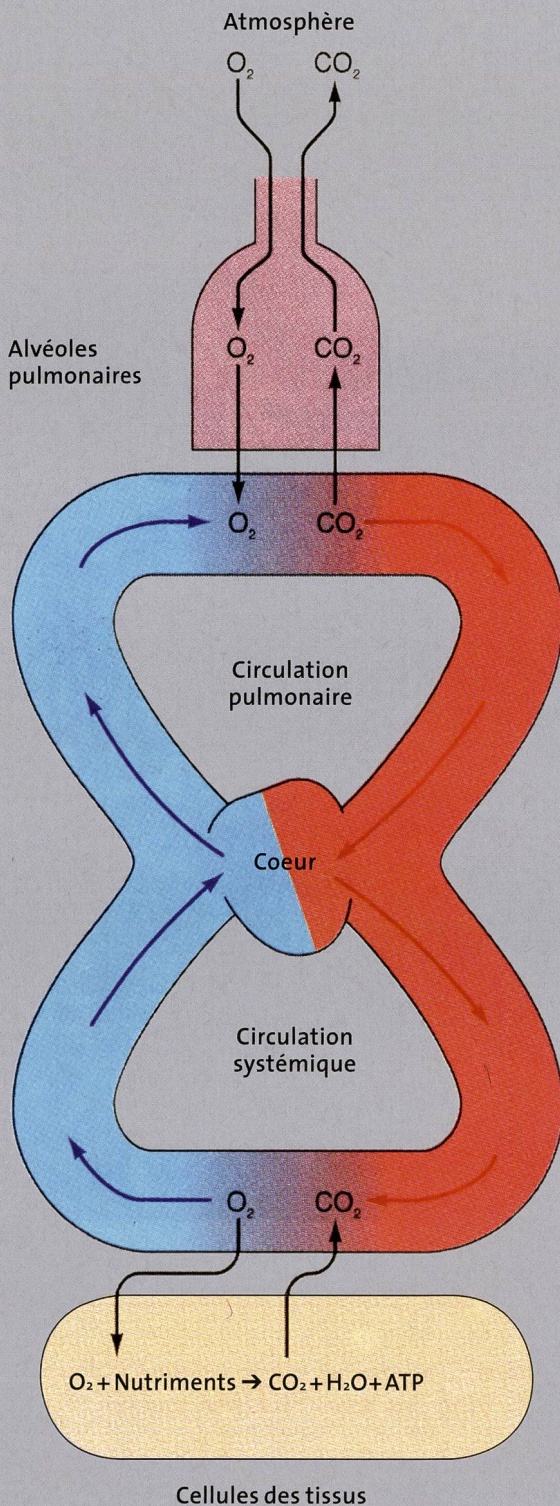
La musculature respiratoire est divisée en trois groupes: les muscles respiratoires, les muscles inspiratoires accessoires et les muscles expiratoires. Leur rôle est l'expansion, respectivement la rétraction de la cage thoracique en fonction des besoins. Tous les muscles respiratoires peuvent être contractés volontairement, mais la plupart d'entre eux sont innervés de manière autonome. Ce sont les seuls muscles du squelette indispensables à la vie et également les plus employés. La musculature respiratoire est une pompe aussi importante que la musculature cardiaque, à ce titre, qualifiée de «pompe vitale».

Le diaphragme est le muscle inspiratoire le plus important. Il a une forme de coupole (plate, large et arrondie) et constitue la frontière entre la cage thoracique et la cavité abdominale. Sous le diaphragme se cachent le foie, l'estomac, la rate et les reins; au-dessus de lui reposent le cœur et les poumons. Comme tout autre muscle du squelette, le diaphragme peut être contracté ou relâché volontairement. Son élasticité et sa capacité de relâchement peuvent être entraînés par des exercices vocaux ou de respiration. Il peut également subir l'influence indirecte d'autres muscles du squelette. Le mouvement d'inspiration en direction du bas du ventre peut être réduit, par exemple, par une contraction de la musculature abdominale ou par un repli dans la musculature abdominale et du tronc.

Les muscles intercostaux externes, dirigés obliquement en bas et en avant d'une côte à l'autre, interviennent aussi lors de l'inspiration. Ils tiennent les côtes et, en se contractant, élargissent la cage thoracique vers l'avant et dans une moindre mesure sur les côtés. En outre, une partie des muscles intercostaux internes participent à l'inspiration. Pour une respiration plus profonde, par exemple en cas de détresse ventilatoire, les muscles inspiratoires sont soutenus par des muscles du tronc qui agissent comme muscles respiratoires accessoires. Leur contribution à la respiration n'équivaut environ qu'au cinquième du total, celle des muscles intercostaux se chiffre à peu près à un tiers.

L'expiration est principalement un phénomène passif. En cas de respiration forcée, d'autres muscles sont impliqués, à l'instar des muscles intercostaux internes et abdominaux. Ils attirent les côtes vers le bas tandis que la musculature abdominale pousse les viscères et le diaphragme vers le bas.





## Les échanges gazeux

### Alvéoles en action

Les échanges gazeux ont lieu dans les poumons (respiration externe) et dans les cellules (respiration interne). L'oxygène et le dioxyde de carbone doivent en outre être transportés d'un point à un autre du corps. L'augmentation de volume de la cavité thoracique et des poumons génère une baisse de la pression dans les poumons. De l'air frais, riche en oxygène, est aspiré dans les voies aériennes jusqu'aux alvéoles pulmonaires et est mélangé à l'air résiduel demeuré dans les poumons. La concentration en oxygène dans les alvéoles pulmonaires croît. Ce processus porte le nom de ventilation alvéolaire. Seuls deux tiers de l'air inspiré parviennent dans les alvéoles pulmonaires.

L'artère pulmonaire en provenance du ventricule droit transporte du sang peu oxygéné et riche en dioxyde de carbone en direction des capillaires pulmonaires. En un temps de contact très court, de l'oxygène passe des alvéoles au sang à travers la barrière alvéolo-capillaire, tandis que le dioxyde de carbone prend le chemin inverse. Ce processus est appelé échange gazeux. Le sang riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone arrive dans l'oreillette gauche du cœur après son transport dans les poumons par les veines pulmonaires. Le dioxyde de carbone est expulsé par les voies aériennes lors de l'expiration.

Le mécanisme des échanges gazeux est désigné par le terme de diffusion. Les gaz se déplacent toujours d'une zone de haute concentration vers une zone de basse concentration. Plus le temps de contact est long (respiration lente, fréquence respiratoire modérée) et la surface d'échange élevée (poumons et vaisseaux sanguins actifs et sains), meilleurs sont ces échanges gazeux.

Après l'échange, 97% de l'hémoglobine contenue dans les globules rouges est saturée en oxygène. Ce sang est transporté dans les artères à destination des organes et des cellules. L'oxygène est diffusé dans le tissu en raison de la différence de concentration en oxygène entre le sang (riche en  $O_2$ ) et le tissu (pauvre en  $O_2$ ). L'efficacité des échanges gazeux dans les cellules (respiration interne) dépend de l'irrigation sanguine, laquelle augmente en cas d'effort. La quantité d'oxygène absorbée par les organes s'élève environ à 25%. Cette proportion se monte également à 25% pour les muscles du squelette au repos, mais peut atteindre 75% en cas d'effort chez un athlète bien entraîné.

Source: Sherwood, L. (2000): Physiologie humaine. Paris, De Boeck Université.



## La mécanique

### Un cycle en trois phases

En situation normale, un cycle respiratoire comprend trois phases : l'inspiration, l'expiration et la pause respiratoire. Les deux premières phases ont une durée plus ou moins identique, la troisième est un peu plus courte (rythme 3:3:2). Lors d'efforts physiques ou psychiques soutenus, la pause respiratoire est réduite, voire supprimée.

L'inspiration au repos se différencie de l'inspiration en situation d'effort. La respiration varie en fonction de l'effort à fournir. Le mécanisme côtes-diaphragme se renforce et, à un moment donné, s'étend pour devenir un mécanisme sternum-côtes (mécanisme respiratoire sternocostal). Le mouvement de la respiration débute dans l'abdomen (respiration abdominale), se poursuit au niveau des côtes (respiration costale), puis jusque dans la cage thoracique (respiration thoracique). La cavité thoracique et les poumons se distendent sur les trois axes de manière bien plus importante que lors de la respiration au repos, le volume inspiratoire de réserve étant utilisé en sus. Cette combinaison de mécanismes respiratoires est nommée «respiration complète».

L'expiration se déroule de manière passive au repos par un relâchement de la musculature respiratoire. En cas d'effort, la respiration se renforce et/ou s'accélère. Les muscles expiratoires accessoires entrent de plus en action en tirant les côtes vers le bas. La musculature abdominale pousse les viscères et le diaphragme vers le haut. La pression dans les poumons augmente fortement. Les voies aériennes se rétrécissent et l'expiration est forcée. Une expiration par la bouche est aussi judicieuse en cas d'effort. Elle est employée dans tous les sports, par exemple au moment de la frappe au tennis.

Lors de la pause respiratoire, les muscles respiratoires retrouvent leur tension de base et peuvent se régénérer. Les autres structures impliquées dans le processus respiratoire trouvent à leur tour leur équilibre. La pression dans les poumons correspond à la pression atmosphérique et l'air cesse d'affluer.



## Le contrôle respiratoire

### Activation à la carte

La fonction respiratoire est gérée par un centre de commande situé au niveau du bulbe rachidien. Des influx sont envoyés par l'intermédiaire de la moelle cervicale et des nerfs périphériques aux muscles respiratoires responsables de la ventilation pulmonaire. Simultanément, des récepteurs localisés en différents endroits transmettent à ce centre de commande des informations concernant les besoins respiratoires permettant de réguler – ralentir ou accélérer – la respiration.

Le contrôle chimique aide la respiration à s'adapter à l'activité métabolique de l'organisme. Les gaz sanguins (oxygène, dioxyde de carbone) et le pH doivent se maintenir dans une certaine norme. Une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone, ainsi qu'une baisse du pH ou de la quantité d'oxygène dans le sang, stimulent le centre de commande, ce qui a pour effet d'élever la fréquence et la profondeur de la respiration.

Le contrôle nerveux de la respiration est activé lors de l'envoi de stimuli par les récepteurs, lesquels transmettent les informations au centre de commande respiratoire par les nerfs sensitifs (afférents et végétatifs). Parmi ceux-ci figurent les récepteurs présents dans la trachée (qui provoquent la toux) et dans la membrane pituitaire (responsables des éternuements).

Lors d'un exercice physique, la respiration n'est pas uniquement réglée par les paramètres chimiques du sang, puisque les effets de l'activité en question ne se manifestent que lentement. Les récepteurs mécaniques présents dans les muscles et les articulations sont à l'origine d'une activation directe de la respiration, induite par une double innervation. Un allongement de la musculature provoque aussi une activation des récepteurs mécaniques, et par conséquent de l'inspiration.

La respiration et le système vasculaire sont étroitement liés. Les récepteurs vasculaires, et en particulier les récepteurs sensoriels, influencent ainsi la respiration. Il existe d'autres stimuli non spécifiques qui agissent sur la respiration : la douleur et la chaleur génèrent des stimuli qui accélèrent la respiration, tandis que ceux induites par le froid la ralentit.

La respiration autonome peut être à tout moment interrompue ou modifiée par un contrôle volontaire. Cette action s'observe chez un sportif ou une personne qui parle, chante ou joue d'un instrument de musique à vent.

#### ➤ Plus d'infos:

Costill, D. L.; Wilmore, J. H. (2006): *Physiologie du sport et de l'exercice: adaptations physiologiques à l'exercice physique*. Bruxelles, De Boeck, 602 pages.

Faller, N. (2007): *Atem und Bewegung*. Vienne, New York, Springer, 237 pages (en allemand).



**Bon à savoir****Plus longtemps ou plus vite?**

Les indicateurs les plus importants qui déterminent la courbe du rythme respiratoire sont la profondeur et la fréquence respiratoires, le rapport entre les temps inspiratoire et expiratoire (rapport I/E), la pause respiratoire et l'intensité du courant respiratoire. Lorsque la ventilation-minute (volume d'air expiré par minute) est constante, la profondeur respiratoire et la fréquence respiratoire sont inversement liées. En d'autres termes: si un des deux indicateurs augmente, l'autre diminue.

**Profondeur respiratoire:** le volume moyen du souffle respiratoire d'un adulte est de 500 cm<sup>3</sup> et correspond à la profondeur respiratoire moyenne. Cette valeur varie fortement d'un individu à l'autre. Elle peut descendre jusqu'à 250 cm<sup>3</sup> en cas de respiration superficielle et grimper jusqu'à 800 cm<sup>3</sup> chez un athlète entraîné.

**Fréquence respiratoire:** chez un nouveau-né, elle se monte à 40 cycles par minute. Parmi les adultes, la fréquence la plus basse se mesure chez le sportif entraîné (6/min) et atteint 10 à 20 cycles pour une personne sédentaire. En cas d'effort marqué, elle grimpe à 30 cycles par minute pour la première catégorie d'individus, et s'élève en moyenne à 64 pour le second groupe.

**Rapport I/E:** le temps inspiratoire et le temps expiratoire sont aussi soumis à des fluctuations importantes. Des temps de 1,8 à 4,6 secondes sont observés pour l'inspiration. La même fourchette est de mise pour l'expiration. Le rapport entre ces deux phases (rapport I/E) est de 1,1 avec des extrêmes allant de 0,8 à 1,6 en règle générale.

**Pause respiratoire:** elle a lieu entre les deux phases, juste après l'expiration. En règle générale, aucune pause respiratoire n'a cours après l'inspiration, sauf lors d'une inspiration profonde. Cette pause expiratoire est habituellement de courte durée au repos; elle est plus longue pendant le sommeil et peut totalement disparaître lorsque la respiration est rapide.

**Intensité du courant:** il se chiffre à 250-380 cm<sup>3</sup> par seconde lors de l'inspiration, à 150-280 cm<sup>3</sup>/s lors de l'expiration. L'intensité du courant peut atteindre une valeur maximale de 450-600 cm<sup>3</sup>/s lors de l'inspiration, respectivement de 300-400 cm<sup>3</sup>/s lors de l'expiration. Cette intensité est en moyenne supérieure de 30% pour l'inspiration.

**Bilan:** une évaluation attentive des diverses formes de rythme respiratoire permet d'arriver au constat suivant. En situation de repos, une amplitude et une fréquence moyennes représentent l'optimum. Lors d'efforts importants, la profondeur respiratoire devrait être modifiée en premier lieu et la fréquence respiratoire seulement dans une moindre mesure. En principe, une respiration profonde et lente (respiration des athlètes entraînés) est considérée comme rationnelle lors d'un effort, tandis qu'une respiration superficielle avec une fréquence élevée l'est nettement moins. Une respiration trop profonde combinée à une fréquence élevée sollicite fortement le système respiratoire. En effet, une dilatation croissante augmente les résistances tissulaires, les muscles respiratoires sont soumis à de grandes contraintes et le temps de présence de l'air dans les alvéoles dépassent le seuil optimal. Une respiration profonde trop lente peut aussi altérer le fonctionnement du système cardio-vasculaire.

tiré de: Schmitt, J.L. (2005): Atemheilkunst. Berne, Humata Verlag Harold S. Blume, 640 pages.