

Rôle du poumon, étude physiologique pour mieux comprendre l'effort du Marathonien. Congrès 2017, Paris

La respiration est un sujet que l'on retrouve dès les premiers témoignages laissés par l'homme. Intrinsèquement liée au « souffle de vie », elle est un mouvement permanent de tout temps associé au fait d'être vivant, un appel au va-et-vient nous mettant en interaction avec l'environnement : chaque inspiration invite un peu d'extérieur en nous, chaque expiration rend un peu de nous à l'environnement. Si le poisson baigne dans l'eau, les mammifères, dont l'homme, baignent dans le souffle remplissant l'espace intermédiaire entre le ciel et la terre. Et dans toutes les grandes traditions, le souffle revêt une signification identique, qu'il s'agisse du *Pneuma* des Grecs, du *Spiritus* romain, du *Ruah* hébreu : tous signifient à la fois le souffle entrant et sortant par les narines, le vent, mouvement balayant la vie, tout en désignant le principe vital supérieur du Souffle, l'Esprit de Dieu respiré par l'homme. Nombreux sont les récits de la Création de l'homme évoquant un Créateur insufflant la vie par son souffle.

Ainsi, dans la Genèse, « *L'Eternel Dieu forma l'homme de la poussière de la terre, Il souffla dans ses narines un souffle de vie et l'homme devint une âme vivante* »

C'est par la respiration que l'on prend conscience de son intérieur et lui donne vie. Le souffle est l'élément qui masse l'intérieur du corps, l'assouplit et le vivifie. »

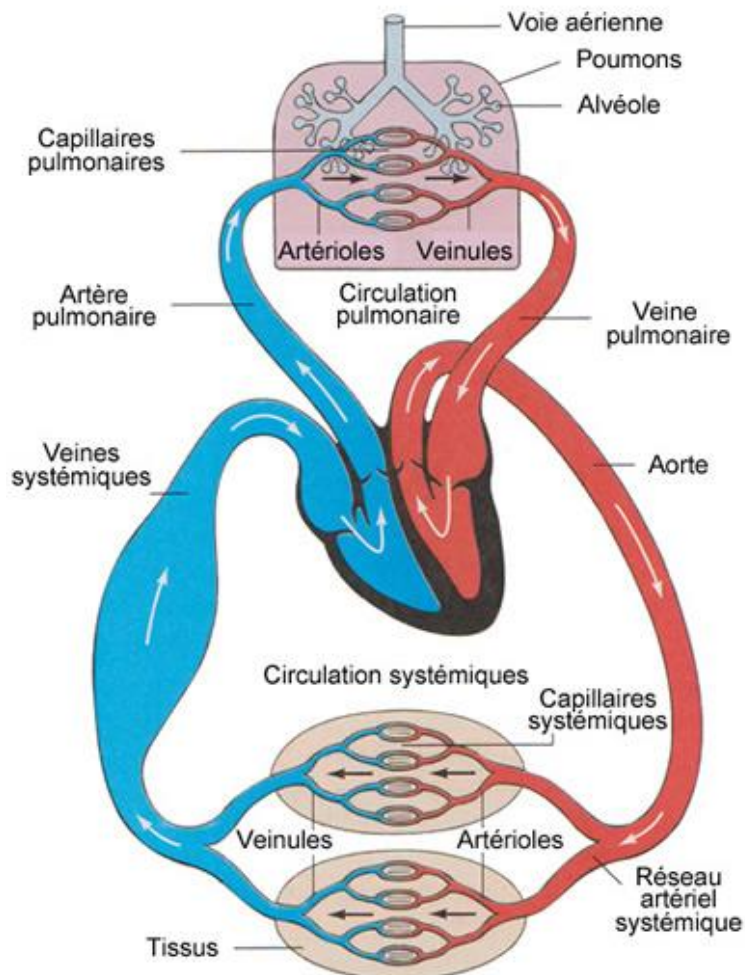
Nous aurons à parler lors de ce séminaire des pathologies liées au marathon et notamment de l'insuffisance rénale aiguë, heureusement la plupart du temps transitoire, nous poserons le diagnostic de l'origine de cette pathologie en MTC, comme étant un excès de chaleur du poumon, encore faut-il expliquer les bases physiologiques actuellement connues en occident ! Elles sont extraordinairement complexes et nombreuses mais indispensables pour comprendre les inter-réactions entre rein foie et poumon. C'est aussi un peu fastidieux mais intéressant d'avoir cet éclairage occidental qui enrichit fortement la MTC.

I. Fonctions et interactions des poumons avec l'organisme

Tout manuel d'anatomie-physiologie nous rappelle en quoi la respiration est vitale à l'organisme, et ce de multiples façons.

La fonction première remplie par la respiration est l'échange entre l'oxygène et le gaz carbonique, via ce qu'on appelle « la circulation pulmonaire ». Le poumon est doublement irrigué de sang, et ce, par un système de « double pompe », du fait de son irrigation à partir des deux oreillettes du cœur. Les organes du corps humain sont irrigués via « le cœur gauche », c'est-à-dire que le sang sort du ventricule dans l'aorte

dont découle le réseau circulatoire rencontrant les tissus pour être nourris et les débarrasser de leurs déchets. Mais avant d'être envoyé aux organes, le sang a besoin d'être régénéré en oxygène et débarrassé de son excès de gaz carbonique. Le sang arrive des organes au « cœur droit » (dans l'oreillette droite dans laquelle débouche la veine cave supérieure récoltant le sang « usité ») puis est projeté dans les poumons par le ventricule droit, dans une petite boucle de circulation pulmonaire où le sang passe au contact des alvéoles pour y réaliser les échanges gazeux nécessaires : se ré-oxygéner par l'air présent dans les alvéoles, se décarboniser en y relarguant le gaz carbonique en excès. Le sang de cette petite circulation revient ensuite au « cœur gauche » par l'oreillette gauche, pour alors être envoyé aux organes. Et ainsi de suite. La circulation pulmonaire est donc la condition permettant aux poumons de remplir leur fonction ventilatoire.



1.1 La fonction respiratoire et l'équilibre acido-basique

Le corps cherche à rétablir son équilibre acido-basique en permanence car les fonctions vitales ne peuvent avoir lieu qu'à cette condition : trop acide ou trop alcalin, le corps ne pourra pas fonctionner de façon optimale, et divers désordres peuvent voir le jour. Le maintien d'une juste concentration sanguine en ions H^+ est donc fondamental pour assurer le travail des enzymes cellulaires et de chaque organe, puisqu'une simple variation de pH peut entraver le fonctionnement organique.

L'acidité de l'organisme se produit avec l'entrée d'ions hydrogène (H^+) par le biais des apports alimentaires et métaboliques, et du stress, grand pourvoyeur d'acidité au travail musculaire. Afin de ne pas en être surchargés, nous possédons deux organes permettant au corps de traiter l'acidité : les poumons et les reins, chacun spécialisé dans l'élimination d'un type d'acide – leur structure chimique étant différente selon leur nature.

Les acides dits *fixes* (acides aminés soufrés, phospholipides et phosphoprotéines, acide lactique, cétonique...) proviennent surtout des métabolismes extracellulaires et de l'alimentation, et sont éliminés par le **rein** : c'est un travail actif et complexe - par régulation contrôlée des ions hydrogène (H^+) et régénération des ions bicarbonates (HCO_3^-) alors consommés à cet effet.

Il s'agit d'un processus lent à mettre en application, permettant au corps de se libérer des acides complexes. Mais la capacité du rein pour ce faire est limitée puisque l'élimination des acides ne peut pas être augmentée en fonction des besoins de l'organisme : l'élimination par les reins d'ions H^+ est limitée à 100 nmol par jour, soit seulement quelques nanomoles par heure. À noter, que dans ce travail, son « mini-relai cutané », la glande sudoripare, sait elle aussi prendre en charge ce type d'acides, en petites quantités. Le **poumon**, quant à lui, s'occupe de l'élimination des acides faibles, dits volatils, surtout issus du métabolisme intracellulaire et dont l'acide carbonique est le principal représentant final. En effet, la plupart des acides organiques, notamment issus du métabolisme des fruits et légumes (acides citrique, malique, oxalique, pyruvique, tartrique...) sont généralement oxydés pour être transformés en acide carbonique. L'élimination par les poumons de l'acide carbonique peut atteindre 15.000 nmol d'ions H^+ par jour, soit 150 fois plus que le rein ! : Elle s'effectue sous forme de dioxyde de carbone, dit *gaz carbonique* sous sa forme gazeuse, ainsi que d'eau. Ce mécanisme d'élimination, lui, est **adaptable**, c'est-à-dire que la quantité traitée peut être rapidement augmentée, en jouant sur la fréquence et l'amplitude de la respiration. Ainsi, **l'un des moyens de régulation du pH sanguin** consiste en la variation de la vitesse de ventilation pulmonaire.

1.2 Fonction respiratoire et santé cardio-vasculaire

Bien sûr, fonctions respiratoire et cardio-vasculaire sont absolument interdépendantes. À ce titre, on trouve l'expression « appareil cardio-respiratoire » dans certains manuels - l'appareil respiratoire faisant circuler l'air jusqu'aux alvéoles pulmonaires tandis que l'appareil cardiovasculaire assure le transport des gaz jusqu'aux organes. De plus, deux mécanismes principaux les font également collaborer sans cesse. Tout d'abord, un juste mouvement du diaphragme, principal muscle inspiratoire, crée une alternance de pressions sur la masse abdominale à l'inspiration et de dépressions à l'expiration, concourant ainsi à la remontée du sang veineux vers le cœur, ainsi qu'à la circulation de la lymphe, dans un effet de « pompage du sang ».

Par ailleurs, le brassage du système nerveux entérique ainsi réalisé permet, lorsqu'il a lieu, d'assurer la juste mesure entre action et relaxation de l'organisme, comme nous le verrons par la suite. Au-delà de ce qu'enseignent depuis des siècles les diverses écoles du Souffle, de nombreuses études montrent aujourd'hui qu'une régularisation de la fonction respiratoire normalise à son tour le débit sanguin et la tension artérielle.

A l'inverse, un défaut d'amplitude respiratoire entraîne à son tour un défaut de circulation du sang, et par-là même une fatigue du cœur obligé de pulser plus rapidement pour compenser le débit amoindri, mais aussi bien souvent un défaut d'irrigation des organes et un défaut d'oxygénation.

1.3 « Fonction graisseuse » et métabolisme lipidique du poumon

Cependant, le poumon interagit également là où on a moins l'habitude de le rencontrer. Pour René Lacroix, il remplirait également une « *fonction graisseuse* », agissant comme « *glande digestive* ». Il rappelle, physiologiquement parlant, que les acides gras sont drainés vers la circulation pulmonaire : en effet, les gras digérés (chylomicrons) passent de la lumière intestinale aux vaisseaux lymphatiques intestinaux, dits vaisseaux chylifères, puis seront conduits jusqu'au sang par le canal thoracique avant de rejoindre la veine sous-clavière gauche, puis l'oreillette droite du cœur.

Aussi, contrairement aux glucides et acides aminés qui arrivent premièrement au foie via la veine porte, le poumon est, de fait, le premier organe que les graisses

traversent. « *Le professeur Gilbert et M. Jomier ont décrit, dans les alvéoles pulmonaires, des cellules à graisses qui possèdent toutes les caractéristiques histologiques des cellules glandulaires. Au cours de sa traversée pulmonaire, le sang perd 10/100 de sa teneur en graisses.* » Plus loin, il n'hésite pas à « *comparer le poumon à une glande digestive. Le poumon a une action graisseuse tout à fait comparable à la fonction glycogénique, si importante, du foie.*

Dans la digestion, le poumon utilise les graisses comme le foie utilise les albumines et les sucres. » Peu avant, le professeur Léon Binet, mort en 1971, apporte en effet la preuve que le poumon joue un rôle non négligeable dans le métabolisme des lipides. Récemment, une étude de fin 2014 publiée dans le *British Medical Journal*, a également montré que lorsque nous perdons du poids, les réserves de graisses ne seraient pas seulement « consommées » sous forme d'énergie et de chaleur, mais se transformeraient sous forme de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau pour s'évaporer par les poumons.

Cette étude a fait parler d'elle dans les médias, pour faire subitement des poumons un organe également nécessaire à la perte de poids, sujet de masse très prisé. Rappelons que les alvéoles pulmonaires sont recouvertes par une fine couche tensioactive d'un matériau appelé **surfactant**, permettant aux alvéoles pulmonaires d'être maintenues ouvertes en permanence, y compris durant l'expiration, condition dont dépend la possibilité des échanges gazeux. Le surfactant est composé d'une petite part de protéines, environ 10%, et de 90% de lipides. De fait, les échanges gazeux pulmonaires sont également rendus possibles notamment grâce à la présence de lipides sur son épithélium, et on s'étonnera moins que la recherche s'intéresse à l'interconnexion du poumon et de certains métabolismes lipidiques.

1.4 Fonction « digestive » du poumon comme voie de relais

A ce titre, il est intéressant de faire différents liens à ce sujet : la naturopathie enseigne que poumons et bronches agissent comme relais de la muqueuse digestive et du foie, prenant notamment en charge les excès auxquels ils sont confrontés via le système azygos. En effet, celui-ci est un système d'anastomose entre les veines caves inférieure et supérieure, c'est-à-dire une voie de relais afin de pouvoir rejoindre le cœur de façon à ce que la circulation sanguine ne s'arrête jamais en cas d'obstruction de la veine cave.

Le système azygos serait un système veineux destiné à prendre le relais du foie en cas de débordement : aussi, les déchets devant être pris en charge par le foie arriveraient dans les poumons en cas de surcharge de la fonction hépatique. L'observation de l'embryologie, nous apprend que les glandes digestives - dont le foie ainsi que les épithéliums digestif et pulmonaire (leurs tissus fonctionnels), sont issues du même feuillet de l'embryon, l'endoderme.

Dans le **Taoïsme**, le poumon remplit la fonction fondamentale de « première clarification des résidus », les résidus solides étant ensuite évacués par le gros intestin, tandis que les liquides seront pris en charge par les reins avant d'être évacués par la vessie.

De même, en **Médecine Traditionnelle Chinoise**, le poumon est couplé au gros intestin (côlon), de la même façon que le foie est associé à la vésicule biliaire, ou encore le rein à la vessie. Si ces deux dernières associations paraissent cohérentes dans la conception anatomique occidentale, pourquoi finalement n'en est-il pas de même pour celle de poumon et côlon ?

Rappelons à ce titre que le larynx est situé au carrefour des voies respiratoires et digestives, et que celles-ci communiquent en permanence, et ce, au sens propre du terme comme au figuré : en effet, l'œsophage, premier conduit du tractus digestif, commence également dans le larynx, aplati sous la trachée tant qu'aucun aliment ne passe afin de laisser la part belle au passage de l'air.

1.5 Poumons et coagulation

La traversée pulmonaire a une action évidente sur la coagulation sanguine : le sang artériel se coagule plus lentement que le sang veineux. ». Si cette affirmation semble encore difficile à *prouver*, Marie-Caroline Shauer, naturopathe et professeur d'anatomie-physiologie à ISUPNAT, enseigne que :

'Ils renferment un système de fibrinolyse propre, c'est-à-dire de dissolution des caillots sanguins.

De plus, cette même étude rapporte que le rôle de coagulation du poumon est ambivalent, ce dernier étant également riche en Thrombokinase, enzyme permettant de transformer un facteur de coagulation « dormant », la prothrombine, en facteur actif, la thrombine.

Enfin, elle pointe sur le fait que le poumon est un réservoir de précurseur de plaquettes, élément figuré du sang jouant le rôle de « brique » dans la coagulation – tandis que les facteurs de coagulation en seraient le « liant » empêchant ainsi le sang de s'écouler par les interstices.

Une dernière observation vient encore s'ajouter, puisque les plaquettes seraient les poumons représentent une grande réserve d'héparine, plus élevées dans la veine pulmonaire par comparaison avec l'artère pulmonaire, laissant envisager que le poumon transforme le précurseur plaquettaire en plaquettes. Si ce rôle reste incompris, il est intéressant d'observer que les alvéoles pulmonaires sont également impliquées dans la coagulation de l'organisme, et ce, de multiples façons.

Par ailleurs, lorsque l'on sait que toute fibrose d'un tissu commencerait notamment par l'emballement des mécanismes de coagulation suite à une longue inflammation de bas-grade –mécanisme probable de l'athérosclérose par exemple, on peut supposer que ce réservoir puisse également devenir patho-opportun en cas de stress oxydatif prolongé au niveau des alvéoles pulmonaires.

Cette énumération pour apporter une raison supplémentaire de veiller à maintenir le stress oxydatif à des niveaux physiologiques, et non pathologiques, point de départ de nombreux déséquilibres morbides.

1.6 Autres fonctions métaboliques du poumon

Dans les dernières décennies, divers travaux ont mis en évidence l'existence d'un système neuroendocrinien pulmonaire (pulmonary neuroendocrine system), composé de cellules neuroendocrines isolées (PNECs) et d'amas de cellules innervées appelés corps neuroépithéliaux (*neuroepithelial bodies* - NEBs):

Si les rôles de ces derniers sont aujourd'hui mieux décrits par les travaux de physiopathologie que de physiologie, notamment dans les phénomènes inflammatoires (dont par exemple le rôle des prostaglandines, sérotonine et histamine pulmonaires), il n'en reste pas moins que ce système semble représenter tout d'abord une niche à cellules souches via les PNECs ; et également que le poumon possède divers types de cellules responsables de sécrétion de médiateurs chimiques jouant un véritable rôle hormonal – c'est-à-dire de messenger chimique dans tout l'organisme. En témoigne par exemple le rôle du poumon dans une cascade hormonale absolument vitale pour l'organisme, le système rénine-angiotensine-aldostérone

. Maintenir une pression artérielle constante et suffisante est nécessaire au fonctionnement des organes, et est vital pour le rein qui a besoin d'une pression sanguine suffisante afin de filtrer le sang de ses déchets pour créer l'urine – si cette pression baisse, le rein libère de la rénine dans le sang, enzyme activant une cascade de transformations dans laquelle le poumon est responsable de la conversion de l'angiotensine I en angiotensine II, cette dernière invitant le cortex des glandes surrénales à libérer de l'aldostérone, hormone qui permettra de faire remonter une tension artérielle devenue trop basse pour le travail de l'élimination rénale.

Enfin, des produits et métabolites issus de diverses voies peuvent être métabolisés par les poumons afin d'en perdre leur charge toxique : certains médicaments ou pollutions chimiques dans le sang peuvent subir une « pulmonary uptake » c'est-à-dire être capturés depuis la circulation sanguine par les poumons, et ils ont également une capacité propre, bien que faible, à métaboliser les pollutions respirées. Cela est rendu possible grâce à la présence d'une famille d'enzymes présente dans le foie et l'intestin, les cytochromes P450.

En effet, le poumon, comme site extra-hépatique de ces enzymes oxydantes, joue un rôle non-négligeable dans la détoxification tant de substances présentes dans le sang pour éviter leur surconcentration, c'est le cas des médicaments, que de molécules inhalées. Il est à noter que les toxiques arrivés par voie orale rencontrent ces enzymes d'abord au niveau intestinal, puis hépatique, puis enfin au niveau pulmonaire, mais qu'en cas d'administration intraveineuse de substance indésirable, ce sont les poumons que la substance rencontrera en premier, par le biais de la circulation pulmonaire. Comme cette dernière est chargée de fournir à l'organisme un sang « propre » capable de le nourrir en oxygène et qui le polluera au minimum, cette ligne de défense enzymatique systémique permet de toujours mieux remplir ce rôle.

1.7 Le Poumon, maître du « Qi » de la Médecine Traditionnelle Chinoise

En Médecine Traditionnelle Chinoise (MTC), on parle « du » Poumon et non « des » poumons, appellation liée à la vision pragmatique anatomique de l'organe : la notion de *poumon* recouvre non seulement l'organe, mais aussi l'ensemble des voies respiratoires (bronches, trachée, larynx, voies nasales et sinus), ainsi que la peau, dont les pores et les poils qu'il gouverne. *Le Qi céleste va au poumon* », c'est-à-dire l'Air, et le Poumon est tout d'abord chargé de son assimilation. Il est intéressant de

faire le lien avec la naturopathie qui explique aujourd'hui que les poumons permettent de fixer l'Énergie vitale dans le corps.

Selon la MTC, le Poumon est l'organe placé le plus haut de l'organisme puisque le cerveau ne constitue pas un organe mais « une Entraille Curieuse ». À ce titre, le Poumon représente « **le toit de la diligence impériale** », et son *Qi* va se propager dans tout l'organisme.

En MTC, les organes fonctionnent pas paires, l'organe creux dit *entraille* est Yang et protège l'organe plein, le véritable trésor qui est Yin. Une relation intérieur-extérieur est également en jeu : *l'organe* est interne tandis que *l'entraille* est en contact avec l'extérieur.

Selon cette conception, le Poumon est cependant le seul organe ouvert directement sur l'extérieur, ce qui en fait un organe vulnérable par essence et à protéger sans cesse, notamment du froid, mais aussi de la chaleur le corps devant fonctionner à une température de 37°C en toute circonstance.

De plus, cette ouverture sur l'extérieur confère au Poumon une action défensive sur la surface extérieure du corps, la peau - ce qui ne manque pas de rappeler l'élément chinois auquel il est associé, le Métal, protecteur créant comme une armure sur la peau afin de nous protéger des diverses attaques de l'environnement. Comme vous savez, le poumon est couplé au Gros Intestin (côlon) : c'est le *Qi* descendant du Poumon qui fournit au Gros Intestin le *Qi* nécessaire à l'effort requis par la défécation. Le poumon est donc également en charge de l'élimination des déchets coliques. Dans cette tradition, **la Rate est la mère nourricière du Poumon et source médiane de l'Eau**, tandis que **le Poumon en est la source supérieure et le Rein la source inférieure**, créant une relation privilégiée entre les trois organes. Le couple Rate-Poumon s'associe « dans un circuit fortement relié à l'environnement extérieur - qui permet le renouvellement de l'acquis.

Enfin, le poumon protège « l'Empereur », le Cœur, à qui il donne le rythme des battements pour que son Feu circule librement.

D'ailleurs, observons que l'énergie du Cœur nourrit la Rate, qui nourrit le Poumon, qui nourrit le Rein. Il est intéressant de noter que la MTC n'observe jamais un organe ou fonction que pour lui-même, mais l'associera toujours à d'autres organes.

Enfin, elle élargit le rôle du Poumon aux aspects psycho-émotionnels que sont **l'intégrité, l'attachement et le chagrin**. Le Poumon exerce également une forte

influence spirituelle sur l'individu du fait d'abriter « l'Âme Corporelle », que l'on peut définir comme une manifestation somatique de l'âme, responsable de l'instinct humain.

2.2 L'oxygène et les indésirables de l'organisme

En outre, l'oxygène assure également, et ce, grâce à des enzymes, l'*oxydation* de diverses molécules non désirables ou encore toxiques, comme les médicaments ou déchets et molécules toxiques issues de nos métabolismes. Dans la cellule, un faible niveau d'oxygène génère des déchets métaboliques, notamment des acides, dont de l'acide lactique. À l'inverse – et tel qu'on le voit au centre d'une flamme bleue, riche en oxygène, où a principalement lieu la combustion –, dans nos cellules, la présence d'oxygène permet la création d'énergie mais également de les alléger de leurs polluants et pathogènes.

Le système immunitaire, lui aussi, possède des mécanismes oxygène-dépendants produisant diverses molécules à visée bactéricide : on parle de « burst oxydatif » ou « burst respiratoire » pour évoquer une brusque augmentation de la consommation en oxygène ayant pour finalité la production de peroxyde d'hydrogène et d'hypochlorite, à grande activité antimicrobienne.

En fait, l'oxygène est la molécule la plus désintoxiquante de l'organisme, l'oxydation moléculaire étant son meilleur dépuratif. En effet, le corps humain doit en permanence *oxyder* des molécules pour fonctionner correctement, produisant ainsi des *radicaux libres*, espèce chimique instable produite en faible quantité par l'organisme et principalement synthétisés dans la cellule lors de réactions avec l'oxygène, soit pour nettoyer un tissu, soit comme molécule intermédiaire à un métabolisme.

Leur principal aspect est de posséder un électron célibataire, dit non-apparié, ce qui leur confère un champ magnétique différent : celui-ci fait d'eux des « voleurs d'électrons » comme toute autre espèce oxydante, c'est-à-dire qu'ils déstabilisent les tissus. Ils sont produits par divers mécanismes physiologiques, car ils sont utiles à l'organisme mais ce, à doses modérées, car leur production excessive peut devenir très délétère et créer de nombreux phénomènes toxiques.

C'est ce mécanisme d'emballage qui devient pathologique et que l'on évoque sous les termes de *stress oxydatif*, ce dernier attaquant nos cellules et nos structures. Cependant, si le radical oxygène génère des dégâts lorsque non maîtrisé, l'homme ne sait pas faire sans car il a besoin d'oxygène et de phénomènes d'oxydation pour nettoyer son terrain. Rappelons que le foie, grand filtre des toxiques et molécules devenues indésirables qui parcourent le corps, nécessite deux phases distinctes pour leur transformation. Une première phase d'activation nécessite des enzymes, la fameuse famille des **cytochromes P450**, qui requiert de l'oxygène moléculaire pour oxyder les toxiques liposolubles en dérivés intermédiaires – ces derniers peuvent s'avérer bien plus toxiques que la molécule originelle ; une seconde phase de conjugaison est en charge de transformer ces dérivés en molécules hydrosolubles, c'est-à-dire solubles dans le sang. Puis la troisième phase de solubilisation éliminera ces métabolites de l'organisme grâce à la bile ou l'urine.

Un équilibre entre ces différentes phases est donc essentiel, ce dernier dépendant du niveau d'exposition aux divers polluants auxquels nous devons faire face, de certaines prédispositions génétiques, du statut nutritionnel, mais également de notre façon de respirer.

L'oxygène est fondamental à toute combustion – preuve en est qu'une flamme s'éteint dès lors que l'oxygène vient à manquer, ou à l'inverse, lorsqu'un incendie couve dans une pièce fermée, le simple fait d'entrouvrir une porte peut provoquer l'embrasement général par apport subit d'oxygène.

Ainsi, comme le feu lorsqu'il est non maîtrisé, l'oxygène saura faire des dégâts. De la même façon, la chaleur du feu et le fait de savoir brûler pour transformer sont également des aspects fondamentaux de la vie humaine.

2.3 Rôles du dioxyde de carbone

Dans un ouvrage aujourd'hui daté (publié en 1978), *Savoir respirer pour mieux vivre*, Le Dr. René Lacroix rappelle en effet que le dioxyde de carbone est « *un excitant respiratoire de premier ordre : directement comme une hormone. (...) Il stimule le fonctionnement élastique du poumon, renforce le pouvoir expulsif des bronches et favorise les expectorations. (...) En dehors de cette action stimulante de la respiration, le CO₂ agit sur la circulation en abaissant la tension artérielle : ce phénomène*

constitue la base de la cure de l'hypertension artérielle par les eaux la Royat. Ainsi, si le gaz carbonique est un déchet organique, il ne faut pas croire pour autant qu'il est inutile, comme souvent présenté, preuve en est que l'organisme lui-même en fabrique en petites quantités.

En effet, le gaz carbonique possède une puissante influence sur l'organisme tout entier. Tout d'abord, il permet à l'organisme de se désacidifier : comme nous l'avons vu précédemment, nombreux sont les acides métaboliques aboutissant à la formation d'acide carbonique, qui par une correcte exhalaison, pourra être évacué de l'organisme sous forme gazeuse, de gaz carbonique ou de dioxyde de carbone. Or, « *De petites respirations, bien que fréquentes, mais superficielles, ne produiront pas la désintoxication de respirations moins nombreuses mais profondes.* ».

Ensuite, c'est sa concentration sanguine qui induit le réflexe de respiration. Des niveaux élevés de dioxyde de carbone sont toujours corrélés à une hausse de l'acidité sanguine (donc à un pH bas) et signalent alors à l'organisme son besoin accru en oxygène.

En résulte alors une hyperventilation, à savoir une augmentation de l'amplitude de la respiration. L'augmentation de la ventilation alvéolaire évacue le dioxyde de carbone du sang qui augmente le pH du sang, et l'hyperventilation poursuit jusqu'à ce que les niveaux de PCO₂ (pression partielle du CO₂ dans le sang) du sang soient restaurés de façon homéostatique.

C'est précisément par ce biais que se déclenche le réflexe de la respiration et la régulation de son rythme, de façon involontaire, inconsciente, grâce au système nerveux en fonction de la concentration en CO₂ dissout dans le sang. Le médecin russe Konstantin Pavlovich Buteyko (1923-2003) dont les exercices sont aujourd'hui utilisés notamment pour soulager l'asthme, a montré à partir de l'effet Bohr, que l'homme nécessitait une quantité minimum de dioxyde de carbone dans les poumons pour que l'oxygène soit correctement utilisé. Selon lui, l'asthme et quantité de problèmes de santé seraient le résultat d'un manque chronique de CO₂ (état *d'hypocapnie*) causé par une hyperventilation chronique ou « sur-respiration » (« over-breathing » - comprendre ici « trop respirer »). Il ne s'agit pas d'une hyperventilation où la respiration est profonde, et est insuffisante pour provoquer des étourdissements, mais d'une façon de respirer évaporant le CO₂ à long terme. En effet, la libération de l'oxygène contenu dans l'hémoglobine dépend du dioxyde de carbone contenu dans le sang artériel alvéolaire : si la forme dissoute du CO₂ n'atteint pas les 5% du contenu sanguin, l'oxygène ne peut se

dissocier de l'hémoglobine, et n'est donc pas libéré vers les tissus et organes (*effet Bohr*).

Enfin, le dioxyde de carbone détend les muscles lisses que l'on trouve dans les voies respiratoires, intestinales, ou encore les vaisseaux sanguins. L'exemple le plus parlant est que l'on fait respirer le temps de quelques respirations une personne en pleine crise de tétanie dans un sac plastique, précisément pour inspirer du CO₂, redescendre le pH sanguin à sa normale, et détendre le système nerveux autonome et par là-même les muscles lisses des voies respiratoires. Chaque chute d'1mmHg (la norme est de 40mmHg) de CO₂ artériel réduit le flux sanguin vers le cerveau de 2% - car la baisse de CO₂ induit une vasoconstriction des vaisseaux et donc une baisse de la perfusion sanguine.

Ainsi, il convient de quitter la vision binaire présentant l'oxygène comme étant uniquement l'ami de l'organisme, et à l'inverse le dioxyde de carbone tel un résiduel inutile. Les deux, en quantité insuffisante ou excessive, peuvent s'avérer déséquilibrants pour l'organisme, car au-delà des effets de chaque gaz, c'est bien l'interaction de l'un avec l'autre (ainsi qu'avec de nombreux cofacteurs comme le calcium et des acides présents dans le sang), et ce dans un juste ratio, qui permet à l'organisme de fonctionner normalement. Pour une pression partielle artérielle en O₂ (PO₂) de 85mmHg, la PCO₂ doit être environ de moitié, autour de 40mmHg, et c'est cet équilibre d'environ 2 pour 1 qui doit prévaloir lors d'une respiration appropriée.

III. Quand la respiration devient « pathogène » Pas pour le sportif ?

Relaxé, nous respirons entre cinq et dix fois par minute. Une personne qui « respire mal » peut inspirer plus de vingt fois, sans pour autant apporter l'oxygène nécessaire aux besoins de l'organisme. Et il est très fréquent de voir en cabinet des personnes comme « en apnée », ne respirant « pas », ou à peine. En réalité, ces personnes mettent en place, sans le savoir, un mécanisme de survie en respirant trop, trop vite, et mal, tant pour combler leur déficit en oxygène que pour ajuster le ratio déséquilibré oxygène/gaz carbonique. C'est-à-dire qu'elles absorbent plus d'oxygène sous forme de « shoot », plus rapidement, dans des respirations inconscientes et rapides, saccadées, ayant le plus souvent lieu dans la région thoracique et sous-claviculaire ³² : on parle paradoxalement *d'hyperventilation*, et il s'agit là de la respiration d'un sportif

en action - le sport étant un *stress* pour l'organisme - ou de celle se mettant en place lorsqu'on a peur ou que l'on ressent de l'anxiété ou une préoccupation. Dans de telles mécaniques respiratoires, le corps connaît déjà des niveaux de cortisol élevés, et ainsi, les entretient également.

« L'hypothèse que la fréquence respiratoire est en corrélation étroite avec la perception de l'anxiété est apparue dans les nombreuses études. Masaoka et Homma (2001) ont rapporté que, chez les sujets avec une anxiété individuelle élevée, l'anxiété anticipatoire (attente d'un stimulus électrique) produisait une augmentation plus importante de la fréquence respiratoire. ».

En réalité, ce type d'hyperventilation - que l'on peut dire compensatoire - est bel et bien une sous-respiration car l'amplitude respiratoire est absolument restreinte : la personne absorbe trop d'oxygène, trop vite, tout en exhalant trop car trop vite également –

« trop » par exhalaison de davantage de dioxyde de carbone que le corps ne pourra produire, le tout dans un mouvement insuffisant, à l'origine d'une cascade de déséquilibres de l'homéostasie.

Une respiration rapide augmente la libération de dioxyde de carbone, ce qui crée un état d'alcalose sanguine, or ce dernier est également en mesure de créer ou entretenir à son tour un état d'anxiété. Si les muscles fonctionnent mal en état d'alcalose, l'anxiété favorise un mouvement respiratoire haut, et à la longue, une mauvaise posture, car ce type de respiration finit par fatiguer la zone.

3.3 Déséquilibre respiratoire, anxiété & stress oxydatif

Le processus vital, spécialement dans la respiration, peut donc être saisi comme un état continu de pulsation, où l'organisme continue à alterner, à la manière d'un pendule, entre l'expansion parasympathique (expiration) et la contraction sympathique (inspiration). ». En effet, la commande parasympathique est modulée par l'activité des neurones respiratoires et celle-ci est diminuée pendant l'inspiration : on observe une légère accélération de fréquence cardiaque lors de l'inspir. Tandis que durant l'expiration, la voie parasympathique est accrue et le cœur ralenti. Dans la balance inspir/expir, les inspir « trop longues » des hyperventilations involontaires du quotidien mettent le corps en état d'alerte permanent, ce qui peut contribuer à créer divers états

de tension (hypertension artérielle, tensions musculaires et douleurs comme on l'a vu, tension mentale et anxiété). Ainsi, ce type de respiration induit bel et bien un état de stress pour tout l'organisme, ce dernier générant tout type de déséquilibre lorsqu'il devient latent car le problème est que le corps ne trouve pas la réponse pour s'adapter à cette situation. Comme le synthétise parfaitement Thierry Janssen dans son ouvrage *La Solution intérieure*, « *Souvent stressés, nous sommes dominés par les influx sympathiques. Notre souffle est court, rapide et superficiel. L'oxygénation des globules rouges est médiocre, la circulation sanguine est ralentie et la quantité d'énergie pour les cellules de l'organisme est faible. La souffrance corporelle qui s'ensuit accroît notre stress. Nous respirons encore plus mal. Le cercle devient vicieux. Il est non conscient.* »

Par ailleurs, si l'oxygène est essentiel à la vie, on peut parfois lire qu'il est « Toxique ». C'est que l'oxygène, comme d'autres substances, peut voir son utilité modifiée en fonction de sa quantité présente dans les réactions métaboliques.

Les radicaux libres de l'oxygène sont des armes à double tranchant : ils protègent l'organisme contre les micro-organismes indésirables et agissent dans des cascades visant à nous dépolluer de molécules toxiques, mais sont aussi à l'origine de l'altération et du vieillissement des tissus, présentant alors l'oxygène comme ayant des effets mutagènes (altérant l'ADN). L'ensemble de ces effets considérés comme négatifs de l'oxygène est appelé le *stress oxydatif*, et on le mentionne lorsque les effets de l'oxydation dépassent la défense anti-oxydante de l'organisme. La littérature démontre que le stress oxydatif participe au processus menant à l'insuffisance cardiaque en stimulant la composante sympathique du SNA. ». Or, il se trouve que ce même stress oxydatif se produit préférentiellement lorsque l'organisme est déjà *stressé*, en état d'anxiété, et nous l'avons vu, une vie *stressante* fait que l'on adopte une respiration haute, saccadée, hyperventilatoire, pour ainsi dire *stressée*, qui à son tour entretient le *stress*, et par là-même le *stress oxydatif* de l'organisme.

De plus, le manque d'oxygène du fait des inspirations trop courtes provoque un dysfonctionnement de la mitochondrie qui ne peut plus fournir d'énergie à hauteur des besoins cellulaires, fabriquant alors des radicaux libres en plus grande quantité, tout en entraînant de surcroît une dégradation des systèmes de défense antioxydant, soit un double stress pour la cellule. Cependant, métabolismes et restauration organiques ayant lieu sous l'égide du système nerveux parasympathique, ce dernier s'exprimant

uniquement lorsque le sympathique est « en veille », les fonctions métaboliques – les fonctions *vitales* – se trouvent également altérées par un tel blocage sur le sympathique ». En effet, celui-ci inhibe les sécrétions digestives, stimule les contractions cardiaques fatigant le cœur, diminue la sécrétions d'IGA (immunoglobulines A – des anticorps de notre première ligne), et sans retour à la balance homéostatique entre sympathique et parasympathique, de nombreux déséquilibres, de gravité variable, peuvent apparaître, des problèmes cardio-vasculaires au diabète.

Voilà donc quelques aspects physiologiques importants à savoir et surtout à comprendre. Dans certaines activités sportives très épuisantes, il est facile de décompenser au plan respiratoire d'où l'intérêt d'une bonne préparation physique et mentale pour pouvoir garder le contrôle de cet équilibre acido- basique et garder son sang-froid dans les 2 sens du terme. Sinon, la sanction peut être terrible !

(Insuffisance rénale aigue, infarctus, perte de conscience, épuisement)

« *comment ne pas avoir de cervicalgies en respirant 20 000 fois par jour en utilisant son rachis cervical comme point fixe pour l'action des scalènes et des trapèzes qui seraient devenus des muscles respiratoires quasi principaux ?* ». En effet, les nombreux muscles de la partie haute du dos et du cou (sternocléidomastoïdien, scalènes, trapèze supérieur) deviennent hypertoniques, favorisant alors la création de spasmes ou de contractures musculaires, ce qui altère d'autant plus le fonctionnement du diaphragme, des côtes et de la partie thoracique de la colonne vertébrale – un cercle vicieux entravant la respiration commence. Cette hyperactivité musculaire fait perdre de sa mobilité à la région cervicale de la colonne vertébrale. On observe d'ailleurs bien souvent que le sujet a la tête penchée en avant tout en ayant le menton surélevé, la colonne cervicale étant totalement désaxée et contractée. Or le moindre spasme embêtant une vertèbre ou une région vertébrale sur son site anatomique peut avoir des répercussions négatives sur l'ensemble de la colonne vertébrale, la chaîne articulée où chaque vertèbre doit être en équilibre pour pouvoir s'articuler correctement avec l'autre. De plus, le système autonome, qui gère nos fonctions vitales dont la respiration, loge précisément dans des ganglions entourant la colonne vertébrale : la chaîne dite *sympathique* parcourt précisément la colonne vertébrale jusqu'aux lombaires, et assume la dépense d'énergie, nous permettant de faire face à tout stimulus, prêt à réagir ; les chaînes *parasympathiques*, elles, permettent les fonctions métaboliques et sont restauratrices d'énergie ; on les trouve au niveau pré-crânien, au-dessus des cervicales, et au niveau du renflement lombaire. Ainsi, ces deux

systèmes sont opposés dans leurs fonctions et complémentaires dans leurs actions : la voie sympathique prenant le dessus lorsqu'elle est « activée », empêche alors la parasympathique d'accomplir ses fonctions, entravant les divers métabolismes viscéraux. Une respiration incomplète sur-stimulant la zone thoracique de la colonne vertébrale est souvent nourrie par l'anxiété et le stress, mais, en retour, elle impacte à son tour le système nerveux autonome, générant des déséquilibres pouvant se manifester à tous les niveaux de l'organisme. Car toute altération des muscles entourant la colonne vertébrale provoque une compression et une irritation des filets nerveux conduisant l'influx à tous les tissus du corps, avec de nombreux déséquilibres insidieux à la clé. « *L'hyperventilation chronique est un exemple de somatisation de l'anxiété et l'hyperexcitabilité neuromusculaire résultante se manifeste par des spasmes viscéraux, œsophagien, des crampes, des fourmillements, des douleurs prémenstruelles, musculaires etc.*

Bibliographie :

Besson, Pierre Gaston et coll., Acide base: une dynamique vitale Pour une qualité De vie équilibrée, Ed. Jouvence Santé, 2010 (Nouvelle édition revue et actualisée).

Brown, Richard & Gerbarg, Patricia,

Le pouvoir de guérison du souffle, Trédaniel, 2015.

Lacroix, René, Savoir respirer pour mieux vivre

Guy Kalfa