

## VENTILATION ET PLONGÉE

|       |   |   |
|-------|---|---|
| 1     | Respiration ou ventilation ? .....  | 2 |
| 1.1   | Soyons précis.....  | 2 |
| 1.2   | L'inspiration.....  | 3 |
| 1.3   | L'expiration.....   | 3 |
| 2     | Apprendre à ventiler correctement .....   | 3 |
| 2.1   | Premier temps : .....   | 3 |
| 2.2   | Deuxième temps .....  | 4 |
| 2.3   | Troisième temps.....  | 4 |
| 2.4   | Quatrième temps .....   | 4 |
| 3     | Importance de la maîtrise de la ventilation en plongée .....                                  | 4 |
| 3.1   | Importance de l'équipement.....   | 4 |
| 3.2   | Interdépendance équilibre – ventilation.....  | 4 |
| 3.3   | Gestion de l'équilibre .....  | 5 |
| 4     | L'acquisition de compétences .....  | 5 |
| 4.1   | L'acquisition de compétences dans le domaine de la ventilation.....                           | 5 |
| 4.1.1 | Les capacités à acquérir.....   | 5 |
| 4.1.2 | Au sec .....  | 6 |
| 4.1.3 | Dans l'eau .....  | 6 |
| 4.2   | L'acquisition de compétences dans le domaine de l'équilibre .....                             | 7 |
| 4.2.1 | Les capacités à acquérir.....   | 7 |
| 4.2.2 | L'équilibre proprement dit .....  | 7 |
| 4.2.3 | L'équilibre hydrostatique .....   | 8 |
| 4.3   | Proposition de progression en bouteille pour ce qui concerne l'équilibre et la ventilation :. | 8 |
| 5     | Domaines impactés par la ventilation en plongée.....  | 9 |
| 5.1   | Un point essentiel qu'il me semble nécessaire de mettre en exergue :.....                     | 9 |

# VENTILATION ET PLONGÉE

Auteur : Daniel Mell - Instructeur National N° 18 (honoraire) – BEES3

## 1 Respiration ou ventilation ?

### 1.1 Soyons précis

Dans le langage courant, la respiration est vue comme le cycle des mouvements ventilatoires d'inspiration et d'expiration, mais en réalité ce terme général est inapproprié ou tout du moins insuffisamment précis pour en décrire le mécanisme réel.

Certes la respiration cellulaire ne peut exister sans la mécanique ventilatoire puisque c'est ce mouvement de soufflet qui permet à l'air de pénétrer dans les poumons, donc d'y apporter l'oxygène (O<sub>2</sub>), puis d'évacuer l'air appauvri en O<sub>2</sub> et chargé de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

La respiration est un processus très complexe constitué de l'ensemble des mécanismes physicochimiques qui permettent aux cellules d'absorber l'O<sub>2</sub>, de rejeter le CO<sub>2</sub> afin d'assurer leur activité métabolique.

Plutôt que d'utiliser le terme respiration, nous parlerons donc de la ventilation pour définir les mouvements du « soufflet pulmonaire », l'inspiration et l'expiration.

Le confort ventilatoire en plongée est certes lié à la souplesse du détenteur mais la manière dont le plongeur va ventiler est d'une importance primordiale !!

En effet, le contrôle de la ventilation est une des conditions essentielles d'une pratique confortable de la plongée.

- Calme elle permet au néophyte de mieux s'intégrer au milieu, de se concentrer sur la bonne exécution de ses gestes,
- Contrôlée elle concourt à une bonne maîtrise de l'équilibre hydrostatique.

Équilibre et ventilation sont interdépendants puisque le mauvais contrôle de l'un provoque la faillite de la bonne réalisation de l'autre et inversement.

La ventilation en plongée est, pour diverses raisons que nous aborderons plus loin, sensiblement différente de la ventilation terrestre.

Au cours de mes nombreuses années de formation de plongeuses et de plongeurs j'ai pu constater que le nombre de personnes qui ne savent pas ventiler correctement dépasse ce que l'on peut imaginer.

Combien de fois j'ai vu des ventres rentrer lorsque je demandai d'effectuer des inspirations normales puis forcées !!

Pour bien asseoir mon propos, il me semble utile de commencer par quelques rappels sur la ventilation.

## 1.2 L'inspiration

L'inspiration est réalisée par des muscles qui permettent d'augmenter le volume de la cage thoracique.

Ces muscles sont le diaphragme qui a un rôle prépondérant, les muscles intercostaux et muscles du cou.

Pour ce qui concerne le volume courant, inspiration calme au repos qui mobilise environ 400 à 500 ml d'air, la contraction du diaphragme assure environ les 2/3 de ce volume. L'abaissement du diaphragme est de l'ordre de 2 cm.

En se contractant, le diaphragme augmente le volume de la cage thoracique sur trois axes. Il s'abaisse, donc augmente le volume vers le bas, ce faisant il va alors élever les côtes inférieures et élargir la cage thoracique dans tous ses diamètres.

Les muscles inspireurs (intercostaux externes) font pivoter les côtes vers le haut. Elles se soulèvent alors jusqu'à l'horizontale augmentant le volume frontal.

En inspiration forcée le diaphragme s'abaisse d'environ 8 cm, en fin d'inspiration forcée les côtes sont tirées au maximum vers le haut par les muscles du cou augmentant encore un peu plus le volume thoracique (muscles scalènes, muscles sterno-cléido-mastoïdiens).

## 1.3 L'expiration

L'expiration normale est un mouvement passif, le relâchement musculaire fait que les côtes s'abaissent, le diaphragme remonte, donc le volume thoracique diminue, l'air est expulsé.

L'expiration forcée met en jeu d'une part les muscles de la paroi abdominale qui en chassant les viscères vers l'intérieur font remonter encore plus le diaphragme et d'autre part les muscles intercostaux internes qui vont fermer un peu plus la cage thoracique en rapprochant les côtes les unes des autres.

## 2 Apprendre à ventiler correctement

Il est nécessaire d'éduquer ou rééduquer les personnes qui ne savent pas ventiler correctement.

Pour ce faire, afin qu'ils identifient parfaitement l'origine de leurs sensations, je leur demande de mettre une main sur l'abdomen et l'autre sur la poitrine.

### 2.1 Premier temps :

Je demande d'effectuer une expiration en évacuant le maximum d'air possible, en contractant les abdominaux le plus possible, puis de les relâcher brusquement sans inspirer.

Ils doivent sentir leur abdomen sortir et de l'air rentrer dans les poumons. Je fais recommencer cette manœuvre plusieurs fois jusqu'à ce qu'ils éprouvent cette sensation.

## 2.2 Deuxième temps

Je demande d'inspirer en sortant l'abdomen sans que la cage thoracique ne bouge. Je fais renouveler jusqu'à ce qu'ils y parviennent convenablement. Je leur indique qu'il s'agit là d'une **ventilation abdominale**.

## 2.3 Troisième temps

Partant d'une expiration forcée, abdominaux contractés, je fais effectuer plusieurs cycles inspirations/expirations et seules les côtes doivent être mobilisées. Je leur indique qu'il s'agit là d'une **ventilation thoracique**.

## 2.4 Quatrième temps

Je leur demande d'effectuer une expiration que je qualifie « d'expiration forcée », en évacuant le maximum d'air possible, en contractant les abdominaux le plus possible, puis de relâcher lentement les abdominaux, de commencer par une inspiration abdominale en laissant sortir l'abdomen le plus possible puis de prolonger l'inspiration en augmentant au maximum le volume de la cage thoracique vers le haut. Il s'agit là d'une inspiration forcée.

Je fais renouveler cette manœuvre plusieurs fois.

## 3 Importance de la maîtrise de la ventilation en plongée

Savoir gérer sa ventilation et mobiliser ses volumes ventilatoires avec efficacité selon les circonstances est en effet synonyme de confort et sécurité et ce dans différentes situations.

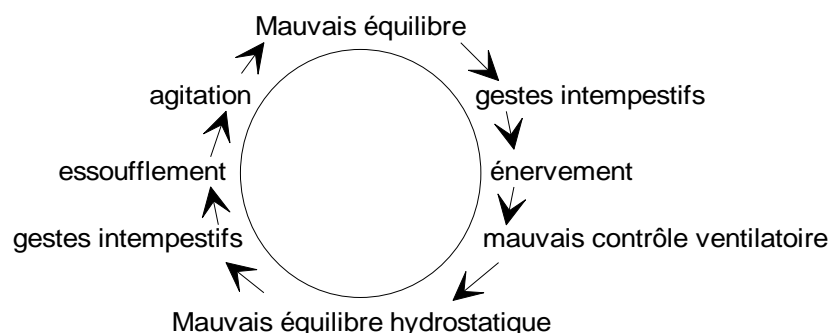
### 3.1 Importance de l'équipement

Le choix de la taille du vêtement isothermique est primordial.

Un vêtement adapté protège le corps humain contre l'agression du froid il doit donc bien coller à la peau et offrir une protection adaptée à la température du milieu dans lequel on s'immerge. Cependant, s'il est trop serré cela va limiter l'amplitude ventilatoire car à la cage thoracique ne pourra pas se développer convenablement, les muscles inspireurs auront donc un travail important à effectuer et au moindre effort cela se traduira par un essoufflement. En outre, pour la même raison, il est important de veiller à ce que la ceinture de lest et celle du gilet ne soit pas trop serrées.

### 3.2 Interdépendance équilibre – ventilation

Le cercle vicieux de la mauvaise gestion de la ventilation associée à la gestion du volume d'air du gilet.



### 3.3 Gestion de l'équilibre

Sous ce terme j'englobe l'équilibre proprement dit ou faculté de placer son corps et de le maintenir dans une position déterminée dans l'espace et l'équilibre hydrostatique, qui lorsqu'il est maîtrisé, permet de se maintenir sans effort à un niveau d'immersion donné.

Ceci est essentiel non seulement pour tenir convenablement la profondeur du palier mais aussi se situer à un niveau d'immersion donné, en apesanteur, donc sans effort pendant la plongée.

Deux paramètres sont à étroitement liés :

- Le volume d'air que l'on admet dans le gilet
- Le volume d'air contenu dans les poumons.

Trop souvent dans les débuts d'apprentissage de l'utilisation du gilet, les débutants passent leur temps à faire du yoyo car ils ne savent pas associer convenablement la gestion de leur volume pulmonaire avec la gestion du volume d'air qu'ils admettent dans leur gilet.

## 4 L'acquisition de compétences

L'acquisition de compétences dans les domaines de la ventilation et de l'équilibre se fait tout au long de la formation et s'intègre à l'acquisition de capacités dans les autres domaines. Toutefois lors des premières séances je prends pour objectif prioritaire **la ventilation et l'équilibre** afin que le néophyte se sente bien dans l'eau.

À cet effet, lors des premières séances en bouteille je n'entreprends jamais d'emblée un exercice technique. Je commence systématiquement par ce que j'appelle un **conditionnement au milieu** qui consiste à faire en sorte que le débutant, tant en surface qu'au fond, retrouve une ventilation calme, prenne ses appuis, s'efforce de bien étendre son corps, apprenne à décontracter ses muscles, et parvienne à rester immobile dans différentes positions. Pour ce faire je commence donc par une balade au fond de quelques minutes en adoptant une vitesse de déplacement très lente style baptême de plongée et en marquant des arrêts fréquents.

### 4.1 L'acquisition de compétences dans le domaine de la ventilation

#### 4.1.1 Les capacités à acquérir

Un plongeur préparant le niveau 1 doit être capable de :

- Ventiler par la bouche
- pratiquer les différents types de ventilation (thoracique, abdominale, complète),
- rester en apnée (inspiratoire, expiratoire),
- vider l'eau du tuba,
- vider un détendeur plein d'eau,
- partager son embout (en simulation),
- ventiler calmement sans masque (en statique et en déplacement),
- contrôler sa ventilation en cas d'arrachage inopiné du masque,
- contrôler sa ventilation sous efforts.

Dans ce qui suit je ne vais pas aborder l'ensemble de la progression mais focaliser sur les aspects qui sortent de la pratique courante.

## **4.1.2 Au sec**

### **4.1.2.1 Sans détendeur en bouche**

La progression commence déjà avant la mise à l'eau par une gymnastique ventilatoire visant à mobiliser les différents volumes pulmonaires par l'apprentissage de la ventilation abdominale (seule), thoracique (seule), complète (abdominale et thoracique) et enfin une prise de conscience de la ventilation calme. Bien entendu cette ventilation doit être effectuée uniquement par la bouche pour préparer à l'utilisation du tuba et du détendeur. J'en profite pour montrer les gestes que j'effectuerai dans l'eau pour demander d'inspirer ou d'expirer.

Pour aider à l'apprentissage de la ventilation abdominale, je fais poser une main sur l'abdomen pour que l'élève sente bien le mouvement.

Toujours au sec, je fais effectuer quelques apnées inspiratoires et expiratoires selon les possibilités de chacun, le but recherché étant double : montrer aux néophytes qu'ils peuvent contrôler leurs réflexes ventilatoires et faire une évaluation prédictive sur leur capacité à maintenir une apnée.

### **4.1.2.2 Détendeur en bouche**

Il est primordial d'apprendre au débutant à ventiler convenablement à l'aide de son détendeur :

Il convient en effet de lui apprendre à inspirer lentement, sans à-coup, en « **tétant** » le détendeur, pour solliciter en souplesse le mécanisme membrane-levier-ressort-clapet afin que le débit d'air soit fluide. En effet une inspiration brutale peut donner l'impression que le détendeur manque de souplesse.

L'expiration quant à elle doit être non brutale mais énergique pour ouvrir la soupape d'expiration et vider convenablement le sac pulmonaire dans le but de limiter le risque d'essoufflement.

## **4.1.3 Dans l'eau**

Lors des premières séances en libre, le vidage du tuba étant maîtrisé, l'élève ayant appris à se redresser dans l'eau, je reprends, en surface, les mêmes éducatifs qu'au sec. En bouteille je reprends aussi les mêmes exercices en les liant au contrôle de l'équilibre hydrostatique.

Depuis plusieurs années déjà, j'ai exclu de mon programme de formation l'exercice intitulé "vidage de masque". La bonne réalisation de ce geste technique est, pour moi, la conséquence de la maîtrise de la ventilation ce qui cadre mieux avec l'objectif recherché.

***L'objectif peut être formulé de la manière suivante :***

***L'élève doit être capable, sur fond de moins de 3 mètres, d'effectuer un déplacement de 4 à 5 mètres sans masque, yeux ouverts en expirant par le nez puis de positionner son masque et le vider.***

Si on se cantonne uniquement à la bonne réalisation du vidage de masque on se trompe d'objectif. En effet ce qui est primordial c'est qu'un débutant soit capable de rester calme et de continuer à ventiler correctement si son masque se remplit d'eau ou est arraché inopinément. Je ne suis pas partisan de se contenter de la réalisation académique du geste en limitant sa portée à l'expulsion de l'eau, ce qui est certes nécessaire mais insuffisant car la bonne réalisation du geste technique ne prouve pas que l'élève aura un bon contrôle de soi-même face à une situation réelle.

La progression est généralement abordée en libre, je ne m'y attarde pas, tout le monde enseigne la désolidarisation bucco-nasale. Ce qui m'apparaît intéressant à développer, c'est le travail en bouteille. Cependant j'en profite pour m'élever avec force contre l'apprentissage du vidage de masque en libre qui s'écarte trop de l'objectif de formation.

Bien entendu la progression doit être adaptée aux possibles des plongeurs et les difficultés doivent être introduites à doses homéopathiques, plusieurs fois répétées au cours d'une séance, on cherche à atteindre l'objectif à la quatrième ou cinquième séance (voire plus si nécessaire)

Je termine le cycle de formation par un remplissage inopiné du masque à faible profondeur (2 à 3 mètres), seul moyen fiable de s'assurer de la bonne réaction du plongeur. Il s'agit bien d'un contrôle ponctuel de validation des acquis, un contrat passé avec l'élève qui en aura été informé avant la séance et, convaincu de son intérêt, aura donné son aval. Il ne faut surtout pas tomber dans l'excès qui consiste à empoisonner les plongées des débutants en leur arrachant systématiquement le masque à chaque sortie (fort heureusement aujourd'hui c'est du passé).

## **4.2 L'acquisition de compétences dans le domaine de l'équilibre**

### **4.2.1 Les capacités à acquérir**

Un plongeur préparant le niveau 1 doit être capable de :

- entrer dans l'eau et en sortir (piscine, bord de mer, embarcation),
- se redresser et prendre pied,
- changer facilement de posture,
- rester immobile (en surface et en immersion),
- s'immerger,
- réaliser son équilibre hydrostatique (poumons ballasts + gilet),
- rejoindre la surface.

### **4.2.2 L'équilibre proprement dit**

Le poids du plongeur se trouve modifié par le nouveau milieu, son centre de gravité est déplacé par son équipement, les gestes qu'il effectue sont générateurs de forces qui contribuent à modifier l'équilibre de son corps ; tout concourt donc à le placer dans une position inconfortable.

Pour se sentir bien dans l'eau, le néophyte a besoin de retrouver une position stable, or

- plus il est déséquilibré, plus il gesticule,
- plus il crée des forces parasites, plus il se déséquilibre, etc... (pour revoir le § 3.1 [cliquez ici](#))

Il faut donc l'aider à retrouver ses repères et ses appuis et lui apprendre à ne plus gesticuler (en libre et avec une bouteille).

Les deux compétences primordiales que doit acquérir le débutant sont :

- La capacité à adopter une posture correcte et à changer facilement de posture,
- la capacité à rester immobile dans les différentes postures.

***L'objectif peut être formulé de la manière suivante :***

***À l'issue du cycle de formation, l'élève sera capable d'adopter différentes postures (debout, à genoux, allongé, assis) et de rester immobile et stable dans chacune de ces postures.***

Pour ce qui concerne cet objectif, l'effort est marqué sur les 3 premières séances

Séance 1 : gymnastique ventilatoire et travail d'équilibre uniquement.

Étape 1 : apprendre à passer de la position horizontale, allongé sur le ventre, à la position debout en se retournant comme pour s'asseoir.

Étape 2 : apprendre à étendre son corps en position verticale et ventrale, dans chacune de ces postures apprendre à rester immobile et à relâcher ses muscles;

Étape 3 : apprendre à rétablir un équilibre en adoptant une posture stable (allongé sur le ventre ou à genoux) et en restant immobile.

Séances 2 et 3 : révisions de la séance 1 puis exécution de roulades, tonneaux, (penser à l'utilisation de cerceaux, jeux divers).

#### **4.2.3 L'équilibre hydrostatique**

Il est possible d'apprendre très tôt aux néophytes à régler leur équilibre hydrostatique dès lors que la gymnastique ventilatoire a été effectuée. Pour ce faire il est impératif que lestage soit parfaitement bien réalisé.

Les étapes ci-dessus seront complétées par l'utilisation des poumons ballasts.

Lors des premières séances, il est souhaitable de très légèrement sur-lester les débutants afin de leur assurer une meilleure stabilité à faible profondeur et leur permettre de manipuler inflateur et purge.

La difficulté habituellement rencontrée dans l'utilisation du gilet réside dans le bon dosage de la quantité d'air insufflée. En général ils gonflent jusqu'à ce qu'ils se sentent décoller (donc trop) et pour rattraper ils n'ont d'autre solution que de purger et recommencer à jouer les ludions. Étant donné que l'effet se fait sentir à retard, cela peut durer un moment! Pour rendre l'exercice plus aisé il suffit de demander au débutant de faire une inspiration forcée (il a appris à mobiliser ses volumes pulmonaires), d'introduire de l'air dans son gilet par petites saccades et de vider ses poumons dès qu'il se sent décoller. Il suffit ensuite d'affiner le réglage en jouant sur le volume d'air inspiré et au besoin de rajouter une "giclée" d'air pour établir l'équilibre hydrostatique.

Inversement, partant d'une position stable, s'il a tendance à remonter, il commence par effectuer une expiration forcée, puis purge son gilet jusqu'à ce qu'il se sente redescendre, il lui suffit alors de gérer le volume de l'air inspiré pour rétablir l'équilibre hydrostatique.

#### **4.3 Proposition de progression en bouteille pour ce qui concerne l'équilibre et la ventilation :**

**Rappel : je commence les premières séances par un conditionnement au milieu ([revoir point 4](#)).** Les étapes décrites ci-dessous peuvent, selon les cas, soit être en partie enchaînées soit être réparties judicieusement au cours de la séance, soit être répétées. Cela dépend de chaque personne et du contexte de la plongée.

**Séance 1 :** gymnastique ventilatoire et gestion de l'équilibre hydrostatique uniquement.

**Séance 2 - idem séance 1 plus :**

- **Étape 1 :** en surface 5 cycles ventilatoires complets en inspirant au détendeur sans masque (expiration par le nez).



- Étape 2 : le débutant doit avoir pied. En piscine descente sans masque le long de l'échelle, barreau après barreau au gré de l'élève (un cycle ventilatoire complet par barreau); en mer descente le long d'un guide adapté.

**Séance 3 et 4:** idem séance 2,

- plus l'étape 3 qui est le prolongement de l'étape 2 par un déplacement de 4 à 5 mètres sur le fond. L'on peut agrémente la séance en faisant un jeu de récupération d'objets ou par toute autre démarche ludique.

**Séance 5 :** idem séance 3. Selon la maîtrise de la ventilation le débutant place son masque et le vide.

**Séance N :** Lorsque la maîtrise de la ventilation et de l'équilibre sont satisfaisants, remplissage inopiné du masque. À noter que l'élève en aura été informé avant l'immersion, en aura compris l'intérêt et aura donné son aval.

## **5 Domaines impactés par la ventilation en plongée**

La ventilation est un mécanisme réflexe lié à plusieurs facteurs physico-chimiques.

Sur terre, l'on n'en prend pas conscience, sauf par la volonté, ou quand on commence à s'essouffler à la suite d'efforts.

À contrario en plongée il faut prendre conscience de sa ventilation afin de la réguler au mieux pour s'adapter aux circonstances de la plongée et notamment prévenir un essoufflement. Il convient de vérifier régulièrement qu'en fin d'expiration on n'éprouve pas le besoin impératif de reprendre immédiatement une inspiration car si tel est le cas il faut arrêter tout mouvement et se concentrer sur ses échanges ventilatoires pour évacuer le CO<sub>2</sub>.

Une bonne maîtrise de la ventilation permet en effet, lors d'un début d'essoufflement, de « rincer » convenablement le sac pulmonaire en augmentant le volume d'air expiré par une ventilation abdominale adaptée afin de récupérer plus facilement.

Comme nous venons le souligner dans les chapitres précédents, une bonne maîtrise de la ventilation est la condition sine qua non d'un bon équilibre hydrostatique synonyme de confort et de sécurité.

Avec l'expérience le plongeur s'habitue, presque de manière inconsciente, à mobiliser le volume d'air qui lui permet de maintenir son équilibre hydrostatique.

La maîtrise de la ventilation permet en outre de mieux gérer sa consommation d'air.

L'inspiration doit être progressive, comme pour « têter », et non brutale afin de limiter la sensation de résistance du passage de l'air lié à la mise en œuvre des mécanismes des détendeurs.

Les guides de palanquée (ou les plongeurs en autonomie) doivent penser à vérifier fréquemment le rythme ventilatoire de leurs coéquipiers : s'il s'accélère cela est synonyme soit d'un mal être soit d'un début d'essoufflement et nécessite une réaction immédiate afin d'éviter que cela se transforme en panique.

Pour ce qui est de la préparation avant de descendre en apnée il faut absolument proscrire l'hyperventilation qui pourrait provoquer une syncope anoxique lors de la remontée. Il faut se limiter à 2 ou 3 échanges ventilatoires complets.

### **5.1 Un point essentiel qu'il me semble nécessaire de mettre en exergue :**

L'accident de surpression pulmonaire est provoqué par le blocage de la ventilation généré par un stress lors d'une remontée. Je ne développe pas ici ce thème très important mais très bien traité par ailleurs pour focaliser sur un point qui ne me semble pas suffisamment mis en exergue.

Lors de la remontée en fin de plongée, on respecte la vitesse de remontée indiquée sur son ordinateur. **Cela constitue en fait le premier palier.** Il est impératif de prendre conscience de sa ventilation afin d'en modifier la fréquence et l'amplitude.

Il n'est plus question ici de faire de courtes apnées inspiratoires comme durant la plongée car il faut évacuer l'azote et diminuer le taux de CO<sub>2</sub> dont les microbulles sont des catalyseurs de l'agglomération des microbulles d'azote qui pourraient alors devenir pathogènes

Il en va de même au palier, qu'il soit obligatoire ou de principe. ***On ne cherche surtout pas à économiser son air*** comme au cours de la plongée ***mais on rince le sac pulmonaire par des mouvements ventilatoires de grande amplitude en imaginant que l'on est en train d'évacuer l'azote en excès.***