

Le blasté, polycrible

L. HERGUER¹

Points essentiels

- Les premières descriptions de lésions par explosion ont été faites par Ambroise Paré en 1575.
- Depuis, les explosifs ont davantage évolué mais les blessures induites, elles, ont guère changé.
- Généralement encore rencontrées lors des situations de combats, la compréhension et le traitement de ces lésions dues aux explosions tentent à faire reculer les fausses idées reçues jusqu'alors.
- Bon nombre de victimes de ces blasts sont des blessés légers et le principe même de l'optimisation de la prise en charge réside en un triage pertinent lors de la phase pré hospitalière.
- Identifier les détresses vitales et les urgences chirurgicales restent encore et toujours le maître-mot même en cas d'afflux massif de victimes, les lésions graves de blast étant dues principalement à des plaies pénétrantes.
- « Treat the wound, not the weapon » (D. Lindsey).

Bien qu'étant initialement retrouvée dans la littérature militaire, le sujet du *blast* (terme anglais signifiant « effet de souffle ») et du polycrible trouve à présent son intérêt d'un point de vue civil de par la spécificité de certains accidents domestiques, industriels et, depuis quelques années, terroristes (1).

De nature accidentelle ou terroriste, l'explosion reste un des mécanismes physico-chimiques les plus vulnérants pour le corps humain. Il n'est pas sans rappeler le nombre important de victimes des attentats de Londres, du métro à Madrid, des

1. Laurent Herguer – Bataillon des marins-pompiers de Marseille.

gratte-ciels New Yorkais ou des stations du métro parisien. L'explosion de l'usine AZF à Toulouse a démontré quant à elle le pouvoir vulnérant d'une onde de choc se répandant dans une agglomération urbaine, induisant une situation multi-victimes sur une surface très étendue.

De ce fait, il est important que chaque acteur de la chaîne des secours et professionnel de l'urgence pré hospitalière puisse être capable d'identifier une victime d'une explosion sur la seule notion de contexte, car bon nombre de facteurs peuvent rendre cette affection cliniquement muette lors de sa prise en charge, et se décompenser de manière brutale dans un second temps. En effet, les lésions associées dépendent de l'intensité de l'explosion, mais également de paramètres environnementaux et physiques nombreux. Seulement, de nombreuses fausses idées circulent encore dans les esprits...

1. Définition et généralités

Le *blast* se définit comme le processus pathologique qui induit des lésions dans un organisme, exposé à une onde de choc au cours d'une explosion. Ces lésions induites sont souvent mal connues des médecins civils car peu enseignées. Or, des progrès ont été accomplis dans la compréhension de cette physiopathologie du *blast*, orientant vers un diagnostic et un triage plus efficace des victimes, et donc, une amélioration de la prise en charge thérapeutique.

Il n'est pas sans rappeler que le diagnostic et le traitement de ces lésions ne sont pas spécifiques aux victimes d'explosion car cette situation est souvent synonyme d'afflux d'un grand nombre de patients, de leur triage, et de leur orientation, ce qui nécessite la mise en place de plans d'organisation des secours extra et intra-hospitaliers (20).

2. Explosion : causes physiques, conséquences physiopathologiques

L'exposition d'un individu à une explosion violente est responsable d'un tableau clinique complexe, caractérisé par l'association de lésions traumatiques, de brûlures et de lésions de *blast*.

Physiquement parlant, une explosion n'est autre que la résultante de la transformation chimique d'un corps (solide ou liquide) dans un temps très bref. Elle se caractérise par deux types d'ondes générant trois phénomènes :

- une onde de surpression statique appelée onde de Friedlander (**figure 1**), onde de choc directement responsable des lésions de *blast* ;
- une onde de surpression dynamique, communément appelée « souffle », capable de déplacer les corps ou les structures grâce à sa vitesse extrêmement élevée de plus de 5 000 mètres par seconde ;
- un dégagement de chaleur.

Ces effets physiques, mécaniques et exothermiques sur l'organisme comprennent les effets dits **primaires**, liés directement au traumatisme provoqué par l'onde de choc (lésions de blast proprement dites), **secondaires** qui sont des lésions provoquées par la projection de débris divers (lésions de polycrissage), et **tertiaires** qui sont dus à la projection même de l'individu par le souffle de l'explosion. Enfin, il n'est pas rare d'entendre parler également des effets quaternaires qui rassemblent un ensemble de lésions non catégorisables aux effets précédemment définis (brûlures, inhalation de fumées,...) (2, 3) et **quinquénaires**, définis eux par des états hyper-inflammatoires.

3. Catégorisation clinique des lésions suivant la nature du *blast*

L'explosion provoque une onde de pression qui correspond à une ascension extrêmement brutale de la pression locale, suivie d'une phase de dépression et de retour à la pression atmosphérique (4, 5). Selon le milieu ambiant au sein duquel se propage l'onde de pression, on distingue les blasts aérien, liquidien et solidien. (tableau 1).

Tableau 1 – Atteintes organiques en fonction du milieu d'exposition

Milieu de l'exposition	Vitesse de propagation de l'onde de choc	Amortissement de l'onde de choc	Lésions anatomiques associées
AIR	365 m/s	Au bout de 200 à 300 m	Oreilles Poumons Larynx Intestins
EAU	1 600 m/s	Au bout de 300 à 1500 m	Foie Rate Encéphale Vessie Yeux
CORPS SOLIDE	5 000 m/s	Au bout de 2 à 10 m	Structures osseuses Masses musculaires : • nerveuses • vasculaires

Dans le *blast* aérien, le plus fréquent, l'onde de pression ne présente qu'un pic de surpression qui se déplace à la vitesse du son et s'amortit rapidement selon le cube de la distance parcourue depuis son épigénètre.

Dans le *blast* liquidien, du fait du caractère incompressible du milieu, l'onde de pression comporte une succession d'ondes positives qui se propagent avec une

vitesse de l'ordre de 1 500 m/s, vitesse de propagation du son dans l'eau (figure 2). Les lésions sont plus graves au cours du *blast* liquidien que de l'aérien car la pression transmise est plus élevée ainsi que le temps de surpression.

Deux éléments caractérisent ce *blast* liquidien : le rayon létal est 3 fois supérieur à celui d'un *blast* aérien et les parties émergées de la victime sont généralement indemnes car l'onde de pression ne traverse pratiquement pas l'interface eau/air. Ce *blast* se caractérise également par une très grande fréquence des lésions abdominales digestives.

Dans le cas du *blast* solidien, l'onde de pression est transmise par un matériau solide et incompressible au contact de la victime avec une vitesse considérable. Ce type de *blast* se caractérise par la prédominance des lésions osseuses et vasculo-nerveuses (6). Le pied de mine et le choc de pont sur un navire constituent des exemples militaires de *blasts* solidiens (14).

Tous les organes ne sont pas touchés de la même façon par le *blast*. Il existe un seuil lésionnel dont les niveaux les plus faibles atteignent l'oreille, le poumon, suivent ensuite les organes pleins, soit plus globalement les organes à contenu gazeux.

4. Retentissements physiopathologiques d'une explosion

Il est difficile de donner des chiffres précis d'incidence des différentes lésions d'organes car les critères d'inclusion varient de manière importante dans les publications médicales en incluant, selon les cas, des victimes impliquées mais n'ayant pas souffert du *blast*. Ainsi, Hadden *et al.* Rapportent une incidence de 0,8 % du *blast* pulmonaire dans une série de 1 532 victimes impliquées dans des explosions mais seulement 250 d'entre elles (16 %) ont été hospitalisées (10).

4.1. Le *blast* primaire (figure 3)

Il regroupe les lésions dues à l'action directe de l'onde de choc (19).

- ***Blast* auditif** : il témoigne de l'exposition de la victime à une onde de choc d'au moins 0,5 bar, mais son observation ne permet pas, le plus souvent d'établir un diagnostic car on peut observer cette atteinte tympanique, pour des pressions moins importantes, en cas de tympan cicatriciel.

Il se traduit par une hypoacousie ou une surdité, des acouphènes, des vertiges, une sensation ébrieuse, voire une otorragie.

- ***Blast* pulmonaire** : il est essentiellement dû au traumatisme costal par le gril costal qui, violemment enfoncé par l'onde de choc, provoque une contusion pulmonaire ou une rupture de la membrane alvéolo-capillaire (7, 8). Il peut être cliniquement entièrement latent et apparaître dans les 48 heures suivant l'explosion.

Il se caractérise par une dyspnée d'apparition progressive ou brutale, associée à un Œdème Aigu du Poumon (OAP) lésionnel (10). Elle s'accompagne alors d'hémoptysie (11), de cyanose, de sueurs, de douleurs thoraciques, d'emphysème sous-cutané (3, 9, 12), de tirage, de toux sèche.

- **Blast neurologique** : l'atteinte primaire du système nerveux central est rare. Plus souvent d'ailleurs, elle est secondaire à un blast pulmonaire compliqué d'embolie gazeuse. Les troubles de la conscience (de l'obnubilation au coma) et les troubles du comportement (sidération neuropsychologique initiale, euphorie paradoxale, agitation) apparaissent au premier plan.

- **Blast cardiaque** : il peut être dû au traumatisme du myocarde par le plastron costal (contusion ou plus souvent rupture myocardique) ou être secondaire à une embolie gazeuse. On observe des troubles divers tels l'hypotension artérielle, un état de choc, une tachycardie, des troubles du rythme ou de la conduction, une douleur angineuse, voire un arrêt cardio-respiratoire. L'électrocardiogramme, comprenant les dérivations droites, montre des signes d'ischémie myocardique, des troubles du rythme ou de la conduction. Ces éléments pouvant apparaître à distance, ils nécessitent une surveillance électrocardioscopique continue.

- **Blast oculaire** : les différences de densité des structures de l'œil sont responsables de lésions de désinsertion.

L'onde de dépression majeure les lésions par un phénomène de succion. La victime décrit des phosphènes (= phénomène qui se traduit par la sensation de voir une lumière ou par l'apparition de taches dans le champ visuel) accompagnés d'une diminution de l'acuité visuelle ou du champ visuel, voire une cécité. L'examen clinique retrouve un syndrome contusif du segment antérieur (lésions cristalliniennes, lésions iridiennes) avec un risque d'hypertonie. Au pire, il est possible d'observer une énucléation. Sur le plan chirurgical, une intervention est réalisée en urgence, en cas d'éclatement du globe oculaire pour une énucléation (18).

- **Blast abdomino-pelvien** : les lésions digestives intéressent plus fréquemment le côlon que l'intestin grêle et résultent surtout de *blast* liquidien (13, 14). Il est responsable de nausées, de vomissements, d'hématémèse, de douleurs abdominales. On peut également noter des douleurs testiculaires voire une émasculatation. À la phase aiguë, un hémopéritoine est en rapport avec une lésion d'organe plein (plaie ou contusion hépatique, splénique ou rénale) ou de rupture d'un pédicule vasculaire (arrachement mésentérique) (3, 16, 17).

Les jours suivant l'accident, des signes de péritonite surviennent à la suite de la rupture d'un organe creux (tractus digestif ou vessie). L'échographie recherche un épanchement intra-abdominal. Des signes d'hémopéritoine, de péritonite, de contracture associée à un melæna ou d'hématurie, imposent une laparotomie d'urgence en milieu hospitalier (15).

- **Blast ostéo-articulaire** : il touche surtout les membres par *blast* solide. Le type descriptif est le « pied de mine ». Les lésions peuvent aller du délabrement d'un membre à l'amputation traumatique. Le segment lésé est douloureux, déformé, dur et froid. Les pouls périphériques ne sont pas perçus. Des ruptures tendineuses sans plaies peuvent être observées. Les lésions cutanées sont minimales ou absentes. Le nombre et la taille des fragments osseux peuvent faire décider d'une amputation.

4.2. Le blast secondaire (figure 4)

Il est dû à la projection de débris par l'effet de souffle de l'explosion. Il correspond en réalité à des lésions associées au phénomène de *blast* proprement dit.

- **Le polycrissage superficiel** : il est la conséquence directe de projection de multiples débris de petite taille.

Il est très étendu en superficie mais ne met pas en jeu le pronostic vital à court terme. Il peut rester malgré tout à l'origine de complications septiques.

Le polycrissage profond : il concerne les victimes les plus proches de l'explosion. Sa gravité dépend non seulement de sa profondeur mais également de la région lésée. Les lésions crânio-faciales peuvent par exemple occasionner un traumatisme crânien grave. Au niveau du tronc, peuvent s'observer un thorax soufflant, une éviscération, une hémorragie interne.

Les atteintes des membres se répartissent entre l'amputation traumatique engageant le pronostic vital dès les premières minutes et les fractures ouvertes multiples associant souvent des lésions vasculo-nerveuses (16, 17). Les lésions thoraco-abdominales nécessitent une exploration chirurgicale systématique au bloc opératoire.

4.3. Les *blasts* tertiaire, quaternaire et quinquénaire (figure 5)

Ce *blast* tertiaire résulte de la projection de la victime elle-même par l'explosion. Les effets thermiques, mécaniques et toxiques secondaires à cette explosion sur l'organisme de la victime caractérisent eux le *blast* quaternaire. Ils peuvent alors occasionner des brûlures, des intoxications par des fumées, une irradiation, un ensevelissement. Pour ce qui est du *blast* de type quinquénaire, les lésions sont de l'ordre hypovolémique et hyperthermique.

Toutes ces formes cliniques à la phase initiale peuvent se retrouver et se distinguer par le *blast* d'apparence bénin, le *blast* grave d'emblée, et le *blast* avec lésions associées (figure 6).

5. Prise en charge préhospitalière (Tableau récapitulatif : Stratégie thérapeutique – Syndrome de *blast* (21))

La prise en charge de victimes de *blast* sur le terrain notamment au cours d'explosion terroristes fait appel au schéma classique de la chaîne des secours. Dans ce schéma, le poste médical avancé prend un intérêt majeur pour l'évaluation initiale des victimes, leur réanimation sur le terrain, si elle est nécessaire, et leur transfert contrôlé vers l'hôpital afin d'éviter un engorgement des services d'accueil et une optimisation de l'emploi du plateau technique.

Il est important que le triage réalisé sur le terrain soit particulièrement adapté, une tendance naturelle dans ces circonstances étant de catégoriser toutes les victimes en état grave et de saturer toutes les structures médicales de proximité par un transfert de patients mal évalués.

Au cours de l'analyse de plusieurs attentats suicides dans des autobus (7), les Israéliens ont montré qu'un des facteurs les plus importants de la qualité de la prise en charge était la réduction des transferts inter hospitaliers après la prise en charge sur le terrain. Dans ce contexte, il est nécessaire que les patients les plus graves aboutissent directement dans l'hôpital où les soins définitifs leurs seront donnés sans qu'il soit nécessaire de leur transférer vers un autre établissement.

On comprend l'intérêt stratégique d'une régulation médicale aussi bien sur le terrain par des médecins urgentistes qu'au téléphone par un médecin régulateur. Parmi les algorithmes qui ont été proposés pour trier efficacement les victimes d'explosion, il a été conseillé d'utiliser l'otoscopie pour détecter les lésions tympaniques qui seraient satellites de *blast* pulmonaire. Cette idée en pratique est intéressante mais cependant elle ne semble pas aussi prédictive du *blast* pulmonaire qu'on pouvait le penser...

Ainsi, Leibovici *et coll.* 1999, en étudiant les victimes d'attentat suicide en Israël montrent que la lésion clinique tympanique isolée sans autre signe n'est pas un bon marqueur du *blast* pulmonaire. Ceci souligne l'importance de l'examen clinique respiratoire, circulatoire, ORL, neurologique et abdominal réalisé aussi bien sur le terrain, qu'à l'arrivée à l'hôpital. Mais la priorité médicale réside surtout en la prise en charge des détresses vitales urgentes, car même en cas de *blast* pulmonaire avéré en milieu hospitalier, les gestes chirurgicaux (parage, exploration, amputation, ostéosynthèse,...) restent prioritaires et ne doivent pas être retardés.

Le traitement des formes graves doit être débuté précocement pour corriger une hypoxie ou une hypovolémie sévère. La réanimation ventilatoire assure la libération des voies aériennes supérieures. L'oxygénation est réalisée par masque facial en cas de signes respiratoires modérés et par ventilation assistée en cas de détresse vitale. Les pressions d'insufflation doivent être aussi basses que possible en raison du risque d'embolie gazeuse et de pneumothorax (18).

Plus concrètement, un *blast* pulmonaire grave est cliniquement décrit comme une insuffisance respiratoire aiguë. L'oxygénothérapie normobare sera instituée en première intention, et une ponction ou un drainage des épanchements mal tolérés sera envisagé, l'intubation et la ventilation artificielle devront être mises en place en l'absence d'amélioration. Cependant, le risque d'embolie gazeuse sous ventilation en pression positive existant, il serait surtout théorique et serait majoré dans les 30 premières minutes suivant l'explosion. Il faut donc rappeler que les embolies gazeuses sous ventilation sont d'ailleurs décrites dans les contusions pulmonaires, ce qui n'empêche pas d'intuber et de ventiler les patients qui en sont victimes.

Une hypovolémie reconnue comme profonde et d'installation brutale se caractérisent par des signes d'hypotension et de bradycardie. Dans cette continuité et en rapport avec des hémorragies, un remplissage vasculaire sera fonction des signes de cette hypovolémie et de la possibilité ou non de contrôler le saignement. L'utilisation alors de garrot artériel au plus proche de la plaie hémorragique ne doit pas être retardée et facilitera notamment la réalisation d'une amputation traumatique.

Aussi, dans le cadre de la prise en charge d'une victime de *blast* brûlée et/ou victime d'un « crush syndrom », le remplissage vasculaire sera d'autant plus important.

6. Conclusion

Tout personnel médical et/ou paramédical confronté aux urgences peut avoir à prendre en charge des victimes de *blast*. Des notions simples permettent de pratiquer un bilan lésionnel rapide, permettant un triage efficace des nombreuses victimes. Le pronostic fonctionnel à distance est lié aux séquelles auditives et psychologiques. Le pronostic vital est lié aux lésions pulmonaires, plus rarement aux lésions digestives.

Il est important d'évoquer le diagnostic de *blast*, parfois sur la seule notion du contexte, en raison d'un tableau clinique extrêmement polymorphe. La règle doit être de garder sous surveillance quelques heures toutes les personnes présentes sur les lieux au moment de l'accident, en raison du risque de décompensation secondaire brutale et de réaliser un bilan pulmonaire et ORL. Aux difficultés diagnostiques et thérapeutiques spécifiques à cette affection, s'ajoute le problème souvent associé de la prise en charge d'un nombre important de victimes.

Le *blast* est à l'origine de lésions spécifiques pour lequel une prise en charge spécialisée est nécessaire. La prise en charge des lésions secondaires et tertiaires du *blast* est comparable à celle des traumatisés graves. Le *blast* primaire aggrave le pronostic des blessés les plus graves mais impose rarement une prise en charge spécifique. La connaissance des particularités physiopathologiques et lésionnelles permet de mieux traiter les blastés et polycriblés graves survivants.

Références

1. Delpech P., Lejay M., Carli P. 1997. Afflux de victimes. médecine thérapeutique 3 : 227-233.
2. Cudennec Y.F. 1991. Blast. In : Carli P., Riou B. éd. Urgences médicochirurgicales de l'adulte. Paris : Arnette, 688-698.
3. Cudennec Y.F., Saissy J.M., Poncet J.L., Rondet P., Almanza L., Rouvin B. 1996. Ondes de souffles : blast aérien et liquide. JEUR 9 : 77-87.
4. Clemedson C.J. 1956. Blast injury. Physiol Rev 36 : 336-354.
5. Rawlins J.S.P. 1977. Physical and pathophysiological effects of blast. Injury 9 : 313-320.
6. Fazol R., Irvine S., Zilla P. 1989. Vascular injuries caused by anti-personnel mines. J Cardiovasc Surg 30 : 467-472.
7. Leibovici D. et al. 1996. Blast injuries: bus versus open-air bombings. A comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. J Trauma 41 : 1030-1035.

8. Parr M.J.A., Grande C.M. 1993. Mechanisms of trauma. In : Grande C.M., et al. eds. Textbook of trauma anesthesia and critical care. Saint-Louis : Mosby, 325-343.
9. Lebrun C., Schwander D. 1996. Lésions par effet de souffle (blast). Rev Med Suisse Romande 113 : 721-724.
10. Hadden W.A., Rutherford W.H., Merret J.D. 1978. The injuries of terrorist bombing: a study of 1 532 consecutive patients. Br J Surg 65 : 525-531.
11. Pahor A.L. 1981. The ENT problems following the Birmingham bombings. J Laryngol Otol 95 : 399-406.
12. Brown R.F., Cooper G.J., Maynard R.L. 1993. The ultrastructure of rat lung following acute primary blast injury. Int J Exp Pathol 74 : 151-162.
13. Caseby N.G., Porter M.F. 1980. Blast injuries to the lungs: clinical presentation, management and course. Injury 8 : 1-12.
14. Ecklund A.M. 1943. The pathology of immersion blast injury. US Naval Med Bull 41 : 19-26.
15. Muller T., Bazini Y. 1970. Blast injuries of the chest and abdomen. Arch Surg 100 : 24-30.
16. Paran H., et al. 1996. Perforation of the terminal ileum induced by blast injury : delayed diagnosis or delayed perforation. J Trauma 40 : 472-475.
17. Hull J.B., Cooper G.J. 1996. Pattern and mechanism of traumatic amputation by explosive blast. J Trauma 40 : S198-S205.
18. Hull J.B., Bowyer G.W., Cooper G.J., Crane J. 1994. Pattern of injury in those dying from traumatic amputation caused by bomb blast. Br J Surg 81 : 1132-1135.
19. Hill J.F. 1979. Blast injury with particular reference to recent terrorist bombing incidents. Ann Royal Coll Surg Engl 61 : 4-11.
20. P. Naudin, Centre Hospitalier Nord Deux Sèvres – Site de Bressuire – Service Urgence SMUR – K. Oualim, Site de Parthenay – Service de médecine
lien : <http://www.urgence-pratique.com/2articles/medic/Blast.htm>
21. C. Debeaume « Cahier d'intervention SMUR » réalisé par les Médecins du Service Mobile d'Urgence et de Réanimation du Bataillon de Marins Pompiers de Marseille, Editions Sauramps médical.

Annexes

Figure 1 – Représentation de l'onde de Friedlander

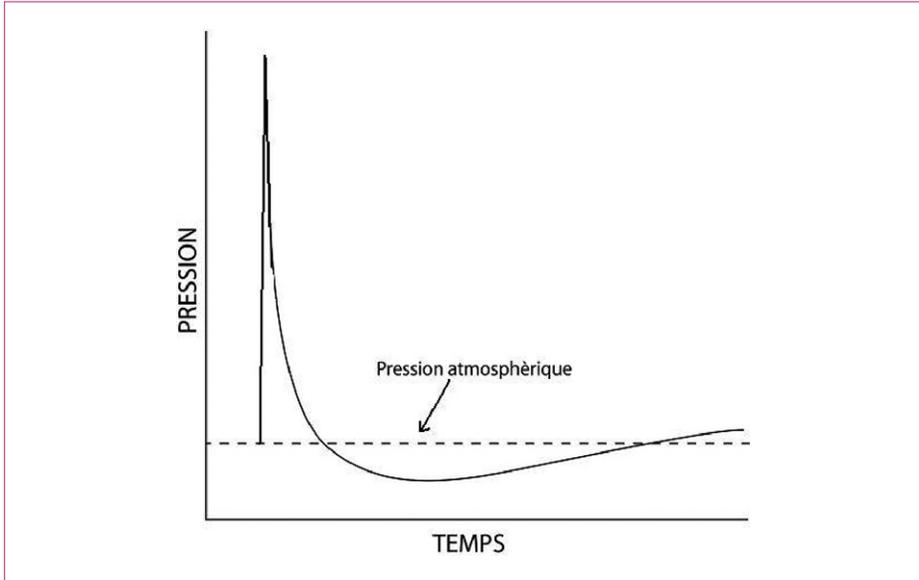


Figure 2 – Représentation d'une succession d'ondes complexes typiques d'une propagation en milieu liquidien

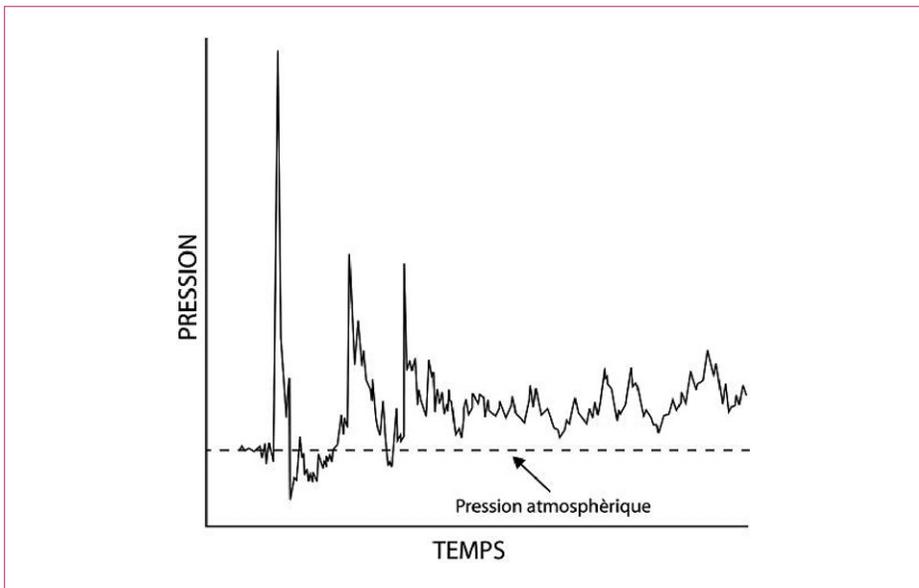


Figure 3 – Représentation imagée du *blast* primaire



Figure 4 – Représentation imagée du *blast* secondaire

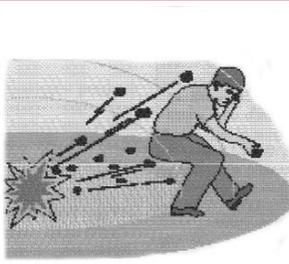


Figure 5 – Représentation imagée du *blast* tertiaire

