

Approvisionnement en eau dans le cadre des opérations militaires et interventions humanitaires, en milieu aride

Conception d'une stratégie écoresponsable

■ G. BORNERT¹, L. BOUKBIR², P. BORNERT³

Mots-clés : eau, armées, osmose inverse, recyclage des eaux

Keywords: water, army, reverse osmosis, water recycling

Introduction

Les concepts d'emploi des forces armées ont profondément évolué depuis les années 1990, au gré des bouleversements géopolitiques. Avec la fin de la guerre froide et de l'Union soviétique, la menace d'un conflit armé en Europe s'est estompée. Les tensions politiques se sont concentrées pour la plupart au Moyen-Orient et en Afrique, rendant nécessaire la projection de forces militaires loin de leur base arrière européenne. Depuis la « première » guerre du Golfe, la France s'est ainsi trouvée impliquée dans des opérations en Afghanistan, en Côte d'Ivoire, au Liban ou au Mali. La distance des zones de déploiement par rapport à la métropole génère des contraintes logistiques considérables, dans tous les domaines. La logistique de l'eau n'échappe pas à ce constat, mais le problème de l'approvisionnement en eau d'un corps expéditionnaire devient particulièrement critique dans les régions du monde où l'eau est rare. Les aléas de la géopolitique ont amené les armées occidentales dans de nombreuses régions semi-arides du monde, de sorte que depuis une quinzaine d'années l'eau est apparue comme un facteur limitant majeur pour la projection de dispositifs militaires. L'expérience acquise dans ce domaine conduit aujourd'hui le ministère de la Défense à explorer de nombreuses

pistes de travail nouvelles, dans la perspective de modifier profondément la politique d'approvisionnement en eau des éléments militaires et de tendre vers des approches alternatives plus performantes et plus respectueuses des ressources naturelles.

1. Approvisionnement en eau d'une force d'intervention : éléments de problématique

Qu'il s'agisse d'une situation de guerre ou d'un déploiement à but humanitaire, la question de l'approvisionnement en eau en contexte qualifié de « dégradé » se caractérise toujours par un ensemble de difficultés dont la prise en compte appelle des moyens et une stratégie spécifiques. D'une manière générale, il s'agit d'approvisionner en eau des effectifs pouvant être très importants, dans un environnement où le plus souvent n'existe aucune structure de production et de distribution : ce sont les événements qui déterminent les sites d'implantation de populations réfugiées ou les positions des forces armées et la logistique doit alors s'adapter au contexte. Dans tous les cas, les éléments de la problématique de l'eau sont les mêmes et peuvent être déclinés en objectifs qualitatifs et quantitatifs.

1.1. Objectifs sur le plan qualitatif

D'un point de vue qualitatif, l'objectif à atteindre en situation dégradée n'est pas *a priori* différent de celui qui peut être assigné en situation normale : l'eau ne doit pas constituer une source d'agents infectieux ou toxiques susceptibles de mettre en péril la santé

¹ Direction régionale du service de santé des armées de Brest – BCRM Brest – CC5 – 29240 Brest cedex 9 – France.

² Laboratoire de contrôle et de sécurité alimentaire – 1^{er} chenil des forces armées royales – Benslimane – Maroc.

³ 26, avenue Tal-Coat – 35740 Pacé – France.

des utilisateurs. Les lignes directrices [1] de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) servent généralement de référence aux états majors militaires, à l'image de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN) dont les documents de doctrine [2] renvoient très largement à ceux de l'OMS. Le plus souvent, cela revient à garantir au personnel militaire en opération un niveau de sécurité sanitaire comparable à celui qui lui est offert en France métropolitaine, avec les contraintes que suppose une approche aussi sécuritaire. Les armées ont aussi le souci d'une attaque non conventionnelle, toujours possible, utilisant l'eau comme vecteur d'agents de guerre biologique ou chimique. Pour les opérations à caractère humanitaire [3], le Haut Commissariat aux réfugiés de l'organisation des Nations unies (United Nations High Commissioner for Refugees – UNHCR) propose une approche centrée essentiellement sur la maîtrise du risque biologique et du risque toxique aigu. En revanche, les effets des agents toxiques sur le long terme sont en grande partie négligés, considérant qu'un dispositif humanitaire n'a pas vocation à perdurer au-delà de quelques mois.

1.2. Objectifs sur le plan quantitatif

Sur le plan quantitatif, la doctrine militaire [4] prévoit pour la phase initiale du déploiement de ne fournir aux personnels qu'une quantité d'eau minimale, suffisante pour la boisson, la préparation des repas et une hygiène individuelle élémentaire, essentiellement le lavage des mains. Cela correspond à 10 litres par homme et par jour pour des durées n'excédant pas 3 jours et à 30 litres par homme et par jour au-delà. Ces chiffres sont à rapprocher de ceux de l'UNHCR [3], qui préconise 7 litres par personne et par jour comme « minimum de survie » et vise 15-20 litres par personne et par jour au plus vite. Dès que la situation se normalise, on tend vers plus de confort et les consommations d'eau peuvent atteindre très rapidement 150 litres par homme et par jour, ce qui équivaut à une consommation d'eau légèrement supérieure à celle qui est observée en moyenne en France métropolitaine. L'approvisionnement en eau devient alors un véritable défi, qui implique de disposer de 150 m³ d'eau chaque jour pour 1 000 hommes déployés sur le terrain. On peut considérer

que l'ampleur de ce défi découle de la transposition d'habitudes de nantis, dès lors que la plupart des peuples d'Europe n'ont pas la culture de l'économie d'eau. Ces habitudes d'abondance de l'eau se heurtent, dans de nombreuses régions du monde, à la rareté des ressources naturelles exploitables. Le risque de manquer d'eau est évident, mais il faut aussi éviter de spolier la population locale de cette ressource vitale.

2. Approche actuelle et difficultés

Pour la plupart des armées occidentales, l'approvisionnement en eau des éléments militaires d'intervention a longtemps reposé sur un ensemble de principes communs. Le schéma général repose sur l'importation d'eaux conditionnées, le plus souvent embouteillées, réservées à la boisson, tandis que pour tous les autres usages l'eau est produite à partir d'une ressource locale et distribuée en citernes.

2.1. Eaux conditionnées

Les eaux embouteillées sont une constante de la logistique militaire et humanitaire. Elles permettent d'apporter une réponse immédiate à la question de l'approvisionnement en eau, puisqu'il suffit d'organiser une filière logistique à partir d'un lieu de production ou de stockage existant, en métropole ou dans un pays voisin. Ainsi, la France a recours pour ses forces au Tchad à des achats auprès de sites industriels situés en région parisienne ou au Cameroun. D'une manière générale, disposer de stocks d'eaux rapidement mobilisables permet de répondre en urgence à tout besoin lié à une projection non planifiée. En revanche, les limites d'un tel système sont évidentes. Il s'agit tout d'abord d'une contrainte considérable pour les chaînes logistiques : ainsi, l'US Army rapporte qu'au début de l'offensive terrestre en Irak, 60 % des convois logistiques par voie routière transportaient de l'eau destinée aux soldats. Pour un dispositif de 1 000 hommes déployé, l'eau de boisson représente de l'ordre de 5 à 10 tonnes de fret quotidien. À l'impact sur les moyens logistiques s'ajoute le coût lié au transport sur des distances parfois très longues. Un litre d'eau livré sur un théâtre comme le Mali coûte de l'ordre de 6 à 10 euros, si l'on tient compte des frais logistiques. Il s'agit donc bien d'une



Figure 1. Entreposage d'eaux embouteillées sur un théâtre d'intervention. Le plus souvent, les stocks sont entreposés dans des conteneurs métalliques, sans protection particulière

catastrophe sur le plan économique. Enfin, l'impact écologique d'une telle approche de la logistique de l'eau est à considérer, du fait des carburants consommés pour assurer le transport et de l'impossibilité, le plus souvent, de recycler les bouteilles vides. On retiendra enfin que l'eau étant fournie en libre service, le gaspillage est fréquent, preuve à nouveau de notre manque de culture de l'économie d'eau.

Le stockage des eaux en bouteilles sur des théâtres opérationnels peut aussi amener son lot de déboires. Le principal inconvénient est l'altération du goût de l'eau conditionnée en bouteilles de polyéthylène téréphtalate (PET) lors d'entreposage prolongé. Or, dans les conditions de la logistique militaire, l'essentiel de l'entreposage des denrées s'effectue en conteneurs métalliques pour transport maritime (figure 1), souvent laissés en attente en plein soleil faute de local adapté. Il en résulte de rapides dégradations des caractères organoleptiques de l'eau. On évoque aussi dans ces circonstances un risque toxique pour le consommateur [5].

Sources de contraintes matérielles majeures, les eaux embouteillées ne représentent malgré tout que de l'ordre de 10 % des volumes requis et une production d'eau sur site est toujours nécessaire. D'autres difficultés se présentent alors.

2.2. Production d'eau in situ

Produire de l'eau sur un site d'intervention militaire ou humanitaire constitue un défi particulier du fait, tout d'abord, de l'urgence de la mise en place d'une filière opérationnelle. Même si l'approvisionnement

en eau de boisson peut être assuré par la fourniture d'eaux embouteillées, la population à soutenir ne peut demeurer longtemps sans eau pour les différents usages sanitaires. Le manque d'eau pour la toilette favorise la propagation des agents infectieux et fait le lit des épidémies. Le responsable de l'approvisionnement en eau ne dispose donc que de délais très réduits pour aboutir à une solution opérationnelle, de sorte que la conduite d'études hydrogéologiques ou la création d'ouvrages pour l'exploitation de ressources profondes sont le plus souvent utopiques, au moins dans un premier temps. Un deuxième écueil est l'absence parfois critique de ressources naturelles en eau facilement exploitables, dans de nombreuses régions du monde, de sorte qu'il sera souvent nécessaire de transporter l'eau sur de longues distances à partir du site de production.

Au total, la production d'eau s'organise en première intention à partir de ressources superficielles, fleuves, rivières, lacs, etc. La qualité de l'eau brute est alors souvent médiocre et variable dans le temps. Ces ressources sont aussi très largement exposées aux actes de sabotage. Les armées ont donc recours à l'osmose inverse (figure 2) ou à la distillation (figure 3) pour assurer le traitement de ces eaux brutes et se prémunir contre les pollutions naturelles ou intentionnelles. Ce choix permet de produire de l'eau d'excellente qualité sanitaire à partir de pratiquement n'importe quel type d'eau brute, sans nécessité de connaître précisément les caractéristiques qualitatives de la ressource. Cependant, le



Figure 2. Module d'osmose inverse militarisé. Une ultrafiltration précède l'étape d'osmose inverse



Figure 3. Dispositif mobile de production d'eau par distillation

rendement de cette technologie n'excède pas le plus souvent 60 %, ce qui veut dire que 40 % de l'eau brute est rejetée sous forme de saumure. Cela peut être considéré comme un gaspillage de l'eau, difficilement acceptable en zone aride.

Lorsque des puits existent sur le site concerné, leur exploitation est possible selon le même schéma technologique, avec cependant une productivité souvent limitée. Le dispositif militaire ou humanitaire entre ainsi en concurrence avec la population locale pour l'exploitation des ressources naturelles en eau dont le renouvellement est aléatoire, ce qui ne va pas sans créer des difficultés. Dans une seconde phase, la force peut envisager de créer ses propres forages afin d'accéder à une meilleure qualité et à de plus grandes quantités d'eaux brutes. Il est alors généralement fait appel à des entreprises locales, faute de moyens spécifiques. Cette approche ne vaut que dans la mesure où des ressources souterraines existent sur le lieu d'implantation du dispositif militaire. Là encore, l'exploitation de la ressource naturelle peut générer des tensions avec une population locale privée d'eau de manière chronique.

3. Vers une approche écoresponsable de l'approvisionnement en eau

Le bilan des diverses opérations militaires et humanitaires récentes a mis en évidence les difficultés de l'approvisionnement en eau et amène le ministère de la Défense à revoir progressivement son approche, dans une perspective d'économie d'eau et d'allègement des contraintes. Le temps est loin où les armées

vivaient de pillages et dévastaient les régions qu'elles traversaient. Désormais, les interventions armées s'inscrivent dans une démarche de géopolitique et les déploiements doivent se faire dans le respect des populations locales.

3.1. Planification

La première idée maîtresse est de savoir intégrer l'eau dans la planification de toute mission : la proximité des ressources naturelles en eau devrait constituer un élément déterminant dans l'agencement du dispositif militaire, afin de limiter les élongations logistiques. Ce principe demeure cependant difficile à appliquer dès lors que les contraintes liées à la mission sont souvent prégnantes. Dans un cadre humanitaire, la localisation des populations à secourir détermine les modalités de déploiement du dispositif et il est souvent difficile de déplacer ces populations de manière significative. En contexte militaire, les positions tenues par des éléments ennemis conditionnent la manœuvre. Par ailleurs, les exigences de sécurité amènent souvent à positionner les campements sur des hauteurs, là où le captage des eaux est le moins facile à réaliser. Enfin, les données hydrogéologiques ne sont pas toujours disponibles, pour la région concernée. Il est alors difficile de prévoir la présence d'eaux souterraines exploitables.

3.2. Optimisation des traitements

En ce qui concerne le traitement des eaux, les filières technologiques restent à optimiser. La distillation, largement développée par l'armée française, est progressivement abandonnée en raison de l'importance considérable des apports d'énergie nécessaires sous forme de gasoil. Il est par ailleurs envisageable d'améliorer le rendement des systèmes d'osmose inverse en ayant recours à des systèmes de double osmose, avec deux appareils placés en série. Le but est de réduire les volumes de rejets de saumures. Il est aussi possible d'utiliser les saumures pour des activités techniques telles que le lavage de certains matériels ou la lutte contre l'incendie, qui ne nécessitent pas une qualité d'eau particulière. Au-delà de ces évolutions, il est aussi essentiel de savoir mettre en place autant que possible des filières de traitement réellement optimisées, au prix d'une expertise approfondie de la

qualité et de la vulnérabilité de la ressource. Chaque contexte est spécifique et le recours systématique à l'osmose inverse ne se justifie pas toujours. Dès qu'un dispositif se stabilise, une expertise des ressources disponibles sur site doit être effectuée, afin de disposer de données descriptives suffisantes et d'envisager d'alléger la filière de traitement en place. L'exploitation de ressources souterraines peut être gérée avec des étapes technologiques simples, si les protections géologiques naturelles sont suffisantes. Sur de nombreux théâtres, il a ainsi été possible de limiter le traitement des eaux d'origine souterraine à une simple ultrafiltration suivie d'une désinfection, en l'absence de pollution chimique. La condition demeure de réaliser un suivi analytique attentif de la qualité des eaux et de ses évolutions éventuelles, avec les difficultés que cela suppose lorsque l'on se trouve loin de la métropole.

3.3. Conditionnement d'eau sur site

Les eaux conditionnées importées représentent une charge qu'il faut s'efforcer de réduire. Elles demeurent cependant indispensables en phase initiale d'engagement, lorsque les filières de production d'eau sur site ne sont pas encore opérationnelles. Au sein d'un dispositif stabilisé, il reste toujours nécessaire de disposer d'un minimum de stocks d'eaux conditionnées, pour les éléments isolés, les stocks de sécurité ou, dans un contexte humanitaire, pour assurer la distribution d'eau à la population. Pour cela, la meilleure réponse consiste à réaliser le conditionnement d'eau sur site, dès que la filière de traitement d'eau est en place. Différents matériels sont disponibles sur le marché. Les plus anciens assurent l'ensachage de l'eau sous film plastique. Les évolutions technologiques vont actuellement dans le sens d'un recours à des enveloppes métalloplastiques, opaques et plus résistantes (figure 4). L'ensachage est une option simple à mettre en œuvre, mais, en l'absence de sachets refermables, l'eau ainsi conditionnée est destinée à être consommée en une seule fois ou à être transvasée par le consommateur dans un contenant tel qu'une gourde. Le principal écueil est alors l'utilisation d'un récipient sale pour le transvasement de l'eau, difficulté largement observée par les organisations humanitaires dans le cadre des interventions au profit de



Figure 4. Dispositif mobile d'ensachage d'eau de boisson

populations sinistrées. L'embouteillage sur site est aussi proposé et a été largement mis en œuvre par les armées de l'OTAN, en Afghanistan notamment. Des modules d'embouteillage existent, compacts et facilement transportables. Leurs performances sont largement éprouvées. Il n'en demeure pas moins que le conditionnement de l'eau est une option à limiter autant que possible, car elle génère des déchets plastiques dont l'élimination se révèle difficile. Enfin, pour tous les dispositifs stabilisés, il est temps de réapprendre aux consommateurs à consommer l'eau du robinet, afin de réduire la fourniture d'eau conditionnée. Les habitudes dans ce domaine sont cependant bien ancrées au sein de la population française et les militaires n'échappent pas à cette règle. Les campagnes de dénigrement de la qualité de l'eau de réseau sont encore trop fréquentes en France métropolitaine et participent à entretenir une méfiance chronique vis-à-vis de l'eau dès lors qu'elle n'est pas présentée dans une bouteille hermétiquement fermée. Il y a là un travail de fond à mener, qui dépasse le simple cadre de la défense.

3.4. Exploitation de ressources alternatives

Lorsque les eaux superficielles sont rares et les eaux souterraines difficiles à capter, une approche alternative qui retient l'attention est le recours à l'eau atmosphérique. À l'échelle de dispositifs militaires, la principale approche d'intérêt est l'utilisation de condenseurs actifs de vapeur d'eau, dispositifs largement commercialisés (figure 5). Il s'agit alors de provoquer la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique en créant une circulation forcée de l'air au contact de surfaces froides [6]. Ces surfaces sont le plus souvent



Figure 5. Dispositif de production d'eau par condensation installé sur un engin militaire tactique

obtenues en ayant recours à un compresseur, avec la mise en place d'un cycle de changement de phase ou cycle de Carnot : un gaz est comprimé par un dispositif mécanique, puis le fluide formé est dirigé vers un évaporateur où il retrouve l'état gazeux. Le passage de l'état liquide à l'état gazeux implique un apport de chaleur, de sorte que le fluide en se vaporisant refroidit les surfaces au contact desquelles il se trouve.

Cette approche technologique de la production d'eau n'est pas réellement récente, mais les premières tentatives se sont soldées par le constat d'une très faible productivité, dès lors que l'essentiel des échanges thermiques assurait la production d'air froid sans atteindre le point de rosée [7]. Une meilleure compréhension des principes physiques sur lesquels se fonde la production d'eau atmosphérique permet désormais de proposer des équipements dont le débit est sans commune mesure avec ceux que l'on observe avec les dispositifs passifs. Les éléments clés du dimensionnement des appareils sont le débit d'air et la surface des plaques de condensation. La productivité est aussi fonction de l'hygrométrie, qui conditionne la quantité d'eau disponible dans un volume d'air, et de la température ambiante. Plus la température d'air est élevée et plus la production d'eau est abondante (tableau I). En ce qui concerne l'hygrométrie, les rendements sont fortement réduits dès que les valeurs observées sont inférieures à 50 %. On comprend que les principaux débouchés commerciaux actuels de cette technologie soient localisés en région tropicale.

Une variante de ce type de système a été développée, qui consiste à récupérer l'eau qui se forme au niveau

des dispositifs assurant la climatisation d'air. Ces systèmes fonctionnent en effet selon un principe très comparable à celui des condenseurs à eau évoqués plus haut. La différence fondamentale réside dans le fait que, dans ce cas, la condensation de l'eau atmosphérique au cours de la phase de production d'air froid constitue en principe un inconvénient. La récupération de cette eau pour la consommation humaine a fait l'objet de développements, notamment par l'armée israélienne qui a ainsi équipé des véhicules tactiques afin de fournir un minimum d'eau de boisson aux équipages. La difficulté réside dans le fait que les climatiseurs existants ne sont pas conçus pour produire de l'eau de bonne qualité sanitaire. Il apparaît donc nécessaire de traiter cette eau pour la rendre consommable.

Pour plus d'autonomie, une approche en voie de développement par un industriel français consiste à coupler une éolienne à un système à condensation. Ce type d'équipement intéresse la défense non seulement pour les campements militaires, mais aussi pour apporter une réponse durable sur les sites d'accueil de réfugiés.

Température	Hygrométrie				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
+ 15 °C	343,2	535,2	703,24	916,8	1 082,4
+ 20 °C	458,4	703,2	964,81	1 207,2	1 447,2
+ 25 °C	669,6	972	1 250,4	1 456,8	1 612,8
+ 30 °C	871,2	1 034	1 281,6	1 483,2	1 682,4

Données commerciales EZ-Water pour le système AD 1500.

Tableau I. Productivité (litres par jour) d'un système de condensation de vapeur, en fonction de l'hygrométrie et de la température

3.5. Réduction de la consommation d'eau et recyclage des eaux usées

La réduction des volumes d'eau consommée fait aussi partie des pistes de travail à explorer. Il est ainsi largement fait usage de dispositifs à basse consommation, notamment pour ce qui est des machines à laver et des douches de campagne. Par ailleurs, différentes approches sont à l'étude, permettant de recycler une partie des eaux usées. La piste de travail la plus sérieuse concerne les eaux « grises », issues des douches, dont le recyclage permettrait des économies

considérables, de l'ordre de 30 à 40 % du volume d'eau total. Un dispositif de douches fonctionnant en circuit fermé est en développement, mais il reste des difficultés techniques à résoudre pour éviter l'envahissement du système par des biofilms. En effet, les eaux grises sont chaudes et chargées en micro-organismes comme en matière organique. Leur réutilisation implique un traitement drastique. Plus simple à concevoir est une filière de traitement permettant de réutiliser les eaux grises dans les machines à laver le linge. Cette seconde option est à l'étude.

Il demeure enfin un travail considérable à mener vis-à-vis des personnels des unités d'intervention afin que des habitudes d'utilisation parcimonieuse de l'eau s'ancrent dans notre mode de vie, surtout en contexte

opérationnel. Dans ce domaine, des approches existent, didactiques ou autoritaires, qui doivent permettre de mieux responsabiliser les individus.

Conclusion

Le monde de la défense est en train de vivre une véritable révolution culturelle dans le domaine de l'eau, pour faire face aux défis de la géopolitique et notamment à la multiplication des interventions dans des pays arides. Des évolutions significatives sont attendues, vers une stratégie globale d'approvisionnement en eau des éléments projetés sur des théâtres opérationnels prenant en compte les contraintes naturelles et les besoins des populations locales, afin de ne pas compromettre irrémédiablement des équilibres fragiles.

Bibliographie

1. *Guidelines for drinking water quality*. World Health Organization éditeur, Genève, 2011, 564 pages.
2. *Minimum standards of water potability during field operations and in emergency situations*. Accord de standardisation OTAN n° 2136 / AMedP-18 Ed6, janvier 2013, 30 pages.
3. *Manuel des situations d'urgence*. Haut Commissariat des Nations unies aux réfugiés éditeur, Genève, 2001, 230 pages.
4. BORNERT G., KERVELLA J.-Y., PÉQUIGNOT J.-P., GÉNIN-LOMIER S., KAROM A., DUMAS E. (2004) : « Politique de l'eau en opérations extérieures. Difficultés et perspectives ». *Médecine et Armées* ; 32-1 : 86-91.
5. BACH C., DAUCHY X., SEVERIN I., MUNOZ J.-F., ETIENNE S., CHAGNON M.-C. (2013) : « Effect of temperature on the release of intentionally and non-intentionally added substances from polyethylene terephthalate (PET) bottles into water: Chemical analysis and potential toxicity ». *Food Chemistry* ; 139 : 672-680.
6. CLUS O. (2007) : *Condenseurs radiatifs de la vapeur d'eau atmosphérique (rosée) comme source alternative d'eau douce*. Thèse de doctorat, Université de Corse, 235 p.
7. IHRIG D., LICHT M., BRUNERT U., EGGEMANN J. (2008) : « Winning drinking water using radiation exchange ». *Physics and Chemistry of the Earth* ; 33 : 86-91.

Résumé

G. BORNERT, L. BOUKBIR, P. BORNERT

Approvisionnement en eau dans le cadre des opérations militaires et interventions humanitaires, en milieu aride. Conception d'une stratégie écoresponsable.

Dans un cadre d'opération militaire ou d'intervention à but humanitaire, la question des approvisionnements en eau prend une importance cruciale. Le contexte géopolitique actuel est tel que la plupart des interventions militaires se déroulent dans des zones climatiques semi-arides, de l'Afghanistan à l'Irak, où la question de l'eau est apparue comme particulièrement critique pour toutes les armées occidentales. Le ministère de la Défense a ainsi pris conscience de la nécessité d'explorer des options nouvelles dans ce domaine et de trouver des solutions alternatives faisant évoluer l'approche actuelle des approvisionnements en eau des dispositifs militaires, avec en

perspective un meilleur respect de l'environnement. Il s'agit là d'une véritable révolution culturelle pour le monde de la défense, principalement pour une nation comme la France qui ne souffre pas de pénurie d'eau chronique sur son territoire. Différentes approches sont à l'étude. D'une manière générale, le recours à l'importation d'eaux embouteillées depuis la base arrière apparaît comme une véritable catastrophe écologique, du fait de l'empreinte carbone de la filière logistique mise en œuvre. L'impossibilité de recycler les conditionnements usagés aggrave encore ce constat. La production d'eau sur site devient donc la seule option. Il demeure alors essentiel de prendre en compte les

contraintes de l'environnement local et les besoins des populations, afin de ne pas mettre en péril des équilibres naturels souvent très fragiles. Les technologies de traitement doivent être optimisées, avec pour objectif de limiter le prélèvement d'eau sur le milieu. C'est en particulier l'osmose inverse, technologie de choix pour des raisons sanitaires évidentes, qui pose problème du fait de l'importance des rejets de saumures. Ce gaspillage de l'eau brute peut être limité, notamment en ayant recours au procédé de double osmose. Le choix peut aussi être fait d'utiliser les saumures comme eaux techniques, par exemple pour le lavage des équipements ou la lutte contre l'incendie. Parmi les approches originales en plein essor, la production d'eau à partir de l'atmosphère trouve de réelles applications pratiques, à petite ou grande échelle. Il est aussi

possible de recycler les eaux de condensation issues des systèmes de climatisation. Il importe par ailleurs de réduire la consommation d'eau en utilisant des systèmes d'économie d'eau sur les machines à laver et les douches. Enfin, une dernière approche technologique est à l'étude, qui consiste à recycler les eaux usées. Ainsi, la réutilisation des eaux de douche, au prix d'un traitement *a minima*, pour le lavage du linge, serait une source considérable d'économie d'eau, permettant de réduire de 30 à 40 % le besoin global. Il importe en tout état de cause de ne pas oublier l'importance d'une prise de conscience de la part des utilisateurs. C'est un domaine où, par une approche didactique ou répressive, le consommateur doit être placé devant ses responsabilités vis-à-vis du respect de l'environnement.

G. BORNERT, L. BOUKBIR, P. BORNERT

Conceiving an eco-responsible strategy for water supplies in the context of military operations or humanitarian relief

In the context of military operations or humanitarian interventions, the question of water supplies is of crucial importance. In today's geopolitical context, most important military deployments happen in semi-arid climatic zones, so that the question of water is becoming majorly important for all Occidental armies, from Afghanistan to Iraq. As a consequence, the Ministry of Defence is aware of the need to explore new working tracks and alternative approaches, in the perspective of deeply changing the military water supply policies and aiming at solutions that respect natural resources. This is a real cultural revolution in the world of Defence, mainly for nations that do not suffer, on their own territory, from water scarcity. Different approaches have been investigated. Generally, having recourse to water imported from the back base appears as an ecological catastrophe because of the carbon footprint of the supply chain and the fact that the packaging cannot be recycled. Water production on the spot appears to be inevitable. It is indeed important to take natural requirement and local populations' needs into account not to jeopardize irreparably fragile balances. Water treatment techniques have to be optimized to limit the volumes of water taken from the environ-

ment. In particular, resorting to reverse osmosis, for sanitary safety reasons, is problematic because of important brine rejections. This clear waste of natural resources can be limited by resorting to double reverse osmosis processes. Brine can be used for such technical activities as cleaning some devices or fire fighting. Among the original technological approaches that are largely developing, water production by atmosphere vapor condensation finds real applications, at small and large scales. Recycling water produced by onboard air conditioning systems is being developed too. Limiting water consumption is allowed by resorting to low consumption devices, in particular as far as washing machines and showers are concerned. Lastly, technological solutions are now being investigated to partly recycle waste water. It is mainly based on retreating with minimal consumption water from showers to reuse them to wash the laundry. This approach can bring considerable savings, approximately from 30 to 40 per cent of the total volume of water. Still, any optimizing approach of water uses in the perspective of a global economy goes through raising public opinion. In this field, didactic or repressive approaches also exist, that shall make the water supply beneficiaries more responsible.