



# Intérêt de l'ATP-métrie pour la validation et l'optimisation du nettoyage-désinfection dans le secteur abattage-découpe

Brice MINVIELLE  
Yannick RUGRAFF

**L**e problème des opérations de nettoyage et de désinfection dans les industries agricoles et alimentaires est celui de l'hygiène. Les utilisateurs de matériaux ou matériels destinés à être mis en contact de denrées alimentaires, dans les industries et les commerces de l'alimentation, sont tenus de s'assurer de la propreté de ces matériaux et objets. Le nettoyage et la désinfection sont donc des étapes primordiales de la fabrication des denrées alimentaires, en particulier pour le secteur abattage-découpe. En effet, les matériels et les surfaces de travail utilisés en abattoir et en salle de découpe se trouvent contaminés lors de la période d'activité au cours des différentes étapes des process par les flores microbiennes (pathogènes ou non) naturellement présentes sur les matières premières. Il convient donc d'éviter la multiplication de ces microorganismes durant la phase d'inactivité et de reprendre l'activité avec des matériels et des surfaces de travail propres.

Cet article ne présente pas l'ensemble de l'étude réalisée (protocole, résultats, ect...).  
Un rapport complet est disponible sur demande au Pôle Qualité (tél.: 02 99 60 98 40)

Les exigences croissantes en matière de sécurité des aliments ainsi que les démarches d'assurance qualité requièrent une réalisation rigoureuse du nettoyage et de la désinfection des locaux et matériels, à l'aide de procédures décrivant précisément les différentes opérations. Elles impliquent également un contrôle régulier et objectif de l'efficacité de ces opérations, pour lequel les industriels du secteur abattage-découpe disposent d'un certain nombre de méthodes bactériologiques semi-quantitatives de surface.

Ces méthodes microbiologiques valident l'ensemble du nettoyage et de la désinfection, l'efficacité de la désinfection dépendant elle-même de l'efficacité de la phase de nettoyage.

Dans le secteur abattage-découpe, les procédures du nettoyage-désinfection et leurs contrôles tels qu'il sont actuellement réalisés semblent avoir atteint leurs limites et ne répondent plus forcément aux exigences croissantes en matières de sécurité alimentaire.

Une des voies d'optimisation du nettoyage-désinfection passe par l'amélioration et la validation de la phase de détergence, notamment par l'utilisation d'une méthode de contrôle simple et rapide. L'optimisation de la phase de nettoyage, la plus consommatrice en main d'œuvre, pourrait également permettre de diminuer le coût du nettoyage-désinfection dont 80% est dû au personnel.

L'ATP-métrie, une méthode rapide de mesure de la contamination des surfaces, est utilisée avec succès dans plusieurs secteurs de l'agro-alimentaire, tels que l'industrie laitière ou l'industrie des boissons. Dans ces secteurs, elle permet de contrôler et de valider en temps réel l'efficacité de la phase de détergence, et détermine la mise en œuvre de la phase de désinfection.

Cependant, dans le secteur abattage-découpe les contraintes de produit, de matériel et de temps sont différentes et ne permettent pas forcément une utilisation dans la même optique. De plus, peu d'études ont été réalisées jusqu'à présent dans ce secteur.

L'étude réalisée en 1998 par l'ITP, en collaboration avec l'ADIV, avait les objectifs suivants :

- vérifier l'intérêt de l'atp-métrie dans le secteur abattage-découpe de porc en termes de fiabilité, de reproductibilité et d'interprétation des résultats ;
- mettre en évidence les facteurs influençant la facilité et l'efficacité du nettoyage en fonction des types de surfaces ;
- déterminer s'il existe un lien entre l'ATP-métrie et le contrôle microbiologique des surfaces ;
- disposer d'éventuelles références selon les types de surfaces et d'entreprises, en vue d'optimiser la phase de nettoyage et de proposer des objectifs à atteindre.

## Principes et méthodes

### ATP et ATP-métrie

L'ATP ou adénosine-triphosphate est la molécule énergétique de base présente dans toutes les cellules vivantes.



L'hydrolyse de cette molécule libère une importante quantité d'énergie utilisable par les cellules dans des réactions métaboliques, mais aussi dans certaines réactions de transports, de transmissions, de fonctionnement du système nerveux ou des travaux mécaniques (contraction musculaire). L'ATP est produite par les systèmes producteurs d'énergie tels que la respiration, la fermentation ou la photosynthèse. L'ATP est donc un indicateur de la présence de cellules vivantes.

On distingue trois sources d'ATP :

- ATP d'origine microbienne, provenant des bactéries, des levures ou des moisissures ;
- ATP dite "somatique", provenant de cellules d'êtres vivants (lait, sang, muscle, végétaux,...) ;
- ATP extra-cellulaire, provenant de débris de micro-organismes ou de cellules somatiques. Cette ATP est rapidement dégradée dans le milieu extérieur.

Les quantités d'ATP sont très variables d'un type de cellule à l'autre. Ainsi lorsque les concentrations relatives sont comparées, les ordres de grandeur sont les suivants :

- Bactérie : 1
- Levure : 100
- Cellule somatique : 300 000

La concentration en ATP d'une cellule dépend de l'état physiologique de celle-ci, mais les ordres de grandeur entre type de cellules restent les mêmes (*Escherichia coli* :  $10^{-15}$ g/cellule ; *Saccharomyces cerevisiae* :  $150 \cdot 10^{-15}$ g/cellule).

Si de l'ATP est détecté sur une surface ou dans un liquide, c'est qu'il y a présence de cellules vivantes. Dans le cas d'ATP microbien, la présence de micro-organismes représente un risque direct puisqu'il peut y avoir contamination des aliments. En revanche, si l'ATP est d'origine somatique, c'est qu'il reste des débris orga-

niques sur la surface, ceux-ci pouvant servir de support de croissance pour des micro-organismes. C'est alors un risque indirect pour les aliments qui est détecté.

Les appareils disponibles pour l'industrie agro-alimentaire ne permettent pas de différencier ATP microbien et ATP somatique, mais il existe des appareils de laboratoire beaucoup plus précis qui permettent de faire cette distinction. Cependant, dans la mesure où il y a 300 000 fois plus d'ATP dans une cellule somatique que dans une bactérie, la détection d'ATP dans l'industrie agro-alimentaire revient à détecter la présence de débris organiques.

Dans le cadre du contrôle du nettoyage-désinfection, la présence d'ATP est un indicateur de propreté organique, donc d'hygiène et de risque.

L'ATP-métrie permet de doser les quantités d'ATP présentes sur les surfaces ou les eaux de rinçage. Le dosage de l'ATP est basé sur une réaction enzymatique qui existe naturellement chez un certain nombre d'être vivants (*luciole*, *méduses*,...), la bioluminescence.

L'ATP-métrie utilise le complexe enzymatique luciférine-luciférase (isolé chez la luciole) pour doser l'ATP. Ce complexe enzymatique, en présence d'oxygène et de magnésium, transforme l'énergie libérée par l'hydrolyse de l'ATP en lumière, la quantité de lumière émise étant proportionnelle à la quantité d'ATP (figure 1).

Il suffit donc de mesurer la quantité de lumière émise (en unité relative de lumière ou URL) pour déterminer la quantité d'ATP initialement présente.

Pour la validation du nettoyage, plus la surface ou l'eau de rinçage contiendra de résidus organiques, plus la valeur fournie en URL sera élevée. Inversement, une valeur très faible en URL signifiera que la surface ou l'eau de rinçage contient donc très peu d'ATP, et qu'elle est donc "propre" (figure 2).

### Protocole de l'étude

L'étude a été réalisée en deux phases, une phase en laboratoire et une phase en industrie :

- comparaison de l'ATP-métrie avec la méthode de "référence" mise au point par l'ADIV,
- réalisation de mesures sur sites industriels dans plusieurs entreprises du secteur abattage-découpe porc.

### Discussion

L'ATP-métrie est une méthode rapide de contrôle du nettoyage-désinfection qui est utilisée dans plusieurs secteurs des industries agro-alimentaires par certaines sociétés de nettoyage-désinfection, et plus récemment en élevage pour l'hygiène des machines à souper. La filière viande et en particulier le secteur abattage-découpe ne disposait d'aucune référence sur l'utilisation de cette méthode, les produits transformés et les contraintes étant différentes.

Figure 1 - Principe de l'ATP-métrie

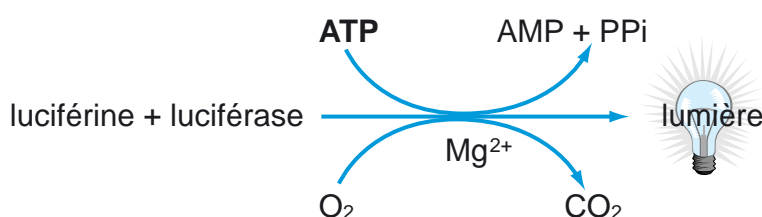
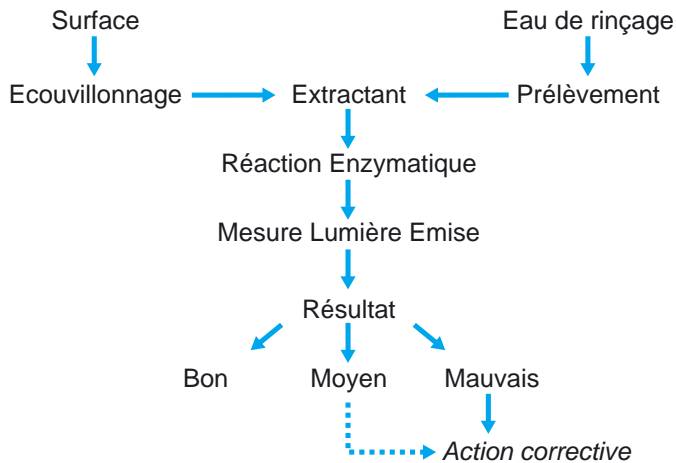




Figure 2 - Principe de la méthode



### Fiabilité et intérêt de la méthode

Les résultats obtenus dans les dix entreprises ayant participé à l'étude ont permis de montrer que l'ATP-métrie est une méthode reproductible et fiable. En effet, la corrélation de 0,9 entre deux prélèvements effectués côte à côte après nettoyage-désinfection montre que la méthode est répétable, et ce malgré l'écouvillonnage qui n'est généralement pas considéré comme un mode de prélèvement fiable. La corrélation de 0,76 obtenue entre des mesures effectuées par deux appareils différents montre que malgré les différences existantes entre matériels, réactifs et modes de prélèvement, le principe de la méthode est fiable.

L'ensemble des facteurs explicatifs d'une mesure d'ATP a pu être déterminé. Ces facteurs interviennent à la fois dans la répétabilité de la mesure et dans la signification de la mesure elle-même.

Avant nettoyage, le support (nature et usure) et la souillure (nature, assèchement, et quantité) et leurs interactions expliquent 70% d'une mesure d'ATP, sachant que l'usure du support et l'assèchement de la souillure, par exemple, influencent à la fois la mesure dans le mode de pré-

lèvement et dans la quantité d'ATP elle-même.

Après nettoyage-désinfection, le support (nature et usure), la souillure (nature, assèchement, quantité) et le nettoyage (température et pression de l'eau) et leurs interactions expliquent plus de 80% de la mesure d'ATP réalisée sur une surface. Ces facteurs influencent la répétabilité de la mesure dans le mode de prélèvement, mais surtout expliquent que la valeur résiduelle d'ATP et donc la "nettoyabilité" d'une surface est influencée par ceux-ci. L'efficacité du nettoyage varie ainsi en fonction de la quantité de souillure initiale et de son degré d'assèchement, de l'usure et du type de support, de la pression et de la température appliquées sur la surface au nettoyage. Il est important de noter que ces facteurs n'évoluent pas forcément dans le même sens. Ainsi, si l'usure diminue globalement l'efficacité du nettoyage, dans le cas des tables de découpe la "nettoyabilité" diminue dans un premier temps, puis augmente lorsque l'usure est très importante. De même, l'efficacité du nettoyage augmente jusqu'à 60 bars, mais au-delà, elle n'augmente plus significativement.

En ce qui concerne le lien entre l'ATP-métrie et le contrôle microbiologique des surfaces nous avons pu confirmer

qu'il n'existe pas de corrélation entre les mesures d'ATP et les résultats des boîtes contact, même s'il existe une tendance entre les valeurs minimales et maximales d'ATP et de boîtes contact. En aucun cas, l'ATP-métrie ne peut donc se substituer aux contrôles microbiologiques des surfaces. Nous avons pu également déterminer que dans certains cas, un nettoyage déficient pouvait être compensé partiellement par une bonne désinfection, et inversement que malgré un bon nettoyage la désinfection pouvait être insuffisante.

Nous avons pu également confirmer que le contrôle visuel des surfaces, utilisé en complément du contrôle microbiologique des surfaces, n'est pas un indicateur suffisamment précis de l'efficacité de la phase de nettoyage lorsqu'il est comparé aux résultats de l'ATP-métrie.

### Remarque sur l'ATP-métrie et les produits de nettoyage et de désinfection

Pour des raisons pratiques, nous avons réalisé les prélèvements après la désinfection et non pas après nettoyage. Bien que les constructeurs précisent que les détergents et les désinfectants n'ont pas d'effet significatif sur les mesures d'ATP, en raison de l'adjonction d'un neutralisant dans la solution tampon, des interactions ne sont pas exclues.

Ceci ne devrait pas poser de problème en routine, mais doit être gardé à l'esprit lors de changement des concentrations et a fortiori de produits utilisés.

### Limites de la méthode

Les résultats obtenus lors de la phase industrielle de l'étude sont différents voire pour certains en contradiction avec ceux obtenus lors de la pré-étude en laboratoire. En effet, les valeurs obtenues lors de la phase en labora-



un ATP-mètre

toire sont d'une part très inférieures à celles qui ont pu être observées en industrie avant nettoyage, et d'autre part beaucoup plus variables. Ceci est très surprenant puisqu'en laboratoire, les conditions étaient standardisées. Deux pistes de réponse peuvent permettre d'expliquer ces différences observées et permettent de souligner une partie des limites de l'utilisation de l'ATP-métrie.

Dans la mesure où l'écouvillonnage est utilisé, et que celui-ci n'est pas généralement considéré comme une méthode de prélèvement fiable, il est nécessaire que celui-ci soit bien standardisé. Il faut donc que la façon d'écouvillonner soit clairement décrite et toujours réalisée de la même façon. Ceci soulève le problème de la variabilité inter et intraopérateurs qui doit être prise en compte mais limitée le plus possible par un entraînement approprié.

En ce qui concerne la variabilité due aux matières premières, ceci montre que les résultats obtenus dans un atelier et même sur un site précis dans un atelier ne peuvent être extrapolés à un autre atelier ou à un autre site. En effet, comme nous l'avons vu dans l'analyse des facteurs explicatifs d'une mesure d'ATP, la souillure (nature, assèchement et quantité) et le support (nature et usure) influencent la mesure. C'est pour cela que nous avons

analysé séparément abattoir et salle de découpe puisque le type et la nature de l'exposition du support à la souillure sont différents. Pour utiliser correctement l'ATP-métrie il faut donc identifier clairement les sites de contrôle, les mesures ne pouvant être comparées qu'entre sites du même type.

Le problème de la fixation des valeurs seuils pour le contrôle du nettoyage se pose alors. La corrélation des mesures en ATP entre les deux répétitions réalisées dans chaque entreprise était faible (0,6 environ) et des mesures effectuées au cours d'une même semaine pouvaient varier énormément. Ces sources de variations peuvent être à la fois liées aux variations de l'activité (nature, quantité et assèchement de la souillure), et aux variations de la phase de nettoyage-désinfection (produits, homme,...).

Pour déterminer une valeur moyenne utilisable sur un site, il faut donc effectuer les mesures dans des conditions les plus similaires possibles, surtout en ce qui concerne la phase de nettoyage-désinfection. Ceci n'est possible qu'en collaboration avec l'équipe de nettoyage-désinfection de façon à éviter d'avoir à multiplier les mesures sur plusieurs semaines. Ce n'est qu'à partir de cette valeur moyenne, avec un écart-type raisonnable, établie dans des conditions standardisées que l'on aura une base de travail pour fixer des valeurs seuils et éventuellement fixer des objectifs pour optimiser le nettoyage.

Une limite qu'il faut également prendre en compte est le coût de la méthode. En effet, l'investissement en matériel est d'environ 30 000 francs hors taxes, le consommable étant à environ 12 FHT. A l'investissement en matériel il faut ajouter le nombre de mesures à réaliser et le temps à passer avec l'équipe de nettoyage-désinfection avant de pouvoir déterminer les valeurs seuils de contrôle du nettoya-

ge et d'utiliser la méthode en routine. Ce coût est à rapprocher du prix des boîtes contact utilisées actuellement pour la validation du nettoyage-désinfection, prix variant de 6 à 10 FHT en fonction des quantités consommées, même si les informations fournies sont différentes.

## Conclusions et recommandations

Lors de précédentes études réalisées par l'ITP, nous avons émis quelques réserves sur l'utilité de l'ATP-métrie. Dans l'étude sur la comparaison de méthodes rapides de contrôle de l'efficacité du nettoyage-désinfection, l'ATP-métrie avait été abordée pour le contrôle de l'efficacité de la désinfection et nous avons remarqué que le seuil élevé de détection des microorganismes ( $10^3$ - $10^4$  germes/ml) et les interactions avec l'ATP libre issu de débris cellulaires rendaient cette méthode difficilement utilisable pour le contrôle de la désinfection. Lors de l'étude sur la mise au point d'une méthode de contrôle de l'efficacité du nettoyage-désinfection des véhicules de transport de porcs vivants, nous avons remarqué qu'il était hasardeux d'établir une relation entre l'ATP-métrie et le contrôle microbiologique des surfaces. Nous avons également conclu que l'ATP-métrie ne paraissait pas un indicateur fiable de l'efficacité du nettoyage-désinfection, ceci en avançant trois hypothèses : la standardisation de la technique de prélèvement (écouvillonnage) ; l'échelle d'interprétation des résultats d'ATP-métrie (classes) ; l'efficacité du désinfectant en présence de matière organique.

L'étude que nous venons de réaliser dans dix entreprises du secteur abattage-découpe permet de répondre plus précisément et de façon plus complète aux questions sur l'intérêt de l'ATP-métrie pour la validation et l'optimisation du nettoyage-désinfection.



- Malgré les remarques formulées sur l'écouvonnage, l'ATP-métrie nous paraît une **méthode simple** à utiliser, avec un protocole opératoire relativement facile à mettre en œuvre et un matériel facile à utiliser. C'est une **méthode rapide**, l'ensemble de la séquence prélèvement-mesure-lecture du résultat étant réalisé en moins d'une minute. C'est également une **méthode fiable**, tant en ce qui concerne la répétabilité des mesures que du principe même.
- L'ATP-métrie permet de **mesurer la propreté organique des surfaces** de l'industrie de la viande, puisqu'elle mesure la quantité d'ATP présente dans les débris organiques éventuellement présents après la phase de nettoyage. Elle ne doit donc être utilisée que pour **le contrôle de l'efficacité du nettoyage**.
- L'ATP-métrie permet de faire la **dichotomie entre la phase de nettoyage et la phase de désinfection**, chose qui n'était jusqu'ici pas réalisable. Nous avons désormais une méthode qui valide l'efficacité de la phase de nettoyage et qui s'avère ainsi complémentaire du contrôle microbiologique des surfaces qui, lui valide l'efficacité de la phase de désinfection.
- Bien que le secteur abattage-découpe ne permette pas, pour des contraintes de temps, une action corrective immédiate en cas de nettoyage déficient, l'ATP-métrie permet cependant **une action cor-**

**rective plus rapide** que la microbiologie, J+1 au lieu de J+2 ou J+3.

- L'ATP-métrie peut permettre **d'anticiper les problèmes d'encrassement** des surfaces qui ne se manifestent généralement que beaucoup plus tardivement par la microbiologie. Ces problèmes sont alors beaucoup plus difficiles, coûteux en temps, en main d'œuvre et en argent à rectifier, en raison notamment de la formation de biofilms.
- L'ATP-métrie s'inscrit naturellement dans une **démarche HACCP**, le nettoyage-désinfection des locaux et matériels étant un des points critiques à contrôler et maîtriser. Les deux appareils testés sont d'ailleurs fournis avec une interface informatique qui permet le transfert et l'enregistrement des résultats par point de contrôle et par atelier.
- L'ATP-métrie peut permettre une **optimisation du nettoyage** en adaptant les procédures, par comparaison des mesures obtenues sur chaque point de contrôle avant et après optimisation. Elle peut donc permettre de réaliser un nettoyage plus efficace et éventuellement d'effectuer des économies, le nettoyage étant la phase la plus consommatrice en personnel. Nous avons pu ainsi mettre en évidence que le nettoyage est optimal lorsqu'il est réalisé à **une pression de 40 bars** et à **une température de 45 à 60°C**.
- Puisqu'il n'existe **pas de valeurs seuils universelles** pour chaque

type de surface contrôlée après nettoyage, chaque entreprise doit choisir les points de contrôle les plus pertinents et fixer elle-même ses valeurs seuils. Ces valeurs seront fixées en fonction du matériel dont elle dispose et des produits qu'elle travaille, en collaboration étroite avec l'équipe de nettoyage-désinfection.

- Dans la mesure où l'ATP-métrie permet de réaliser des **auto-contrôles**, l'équipe de nettoyage-désinfection peut se trouver responsabilisée, ceci pouvant avoir un effet positif sur sa **motivation** et ses **performances**.
- Il faut noter que l'adoption de l'ATP-métrie représente un **coût** assez important pour une entreprise, pour l'investissement en matériel, pour la détermination des valeurs seuils (temps, consommables), et en consommables pour l'utilisation en routine.

L'intérêt et le succès de l'utilisation de l'ATP-métrie sont donc très étroitement liés à la **politique de l'entreprise** et des objectifs qu'elle veut atteindre en terme de nettoyage-désinfection. Il faut noter que l'adoption de l'ATP-métrie peut permettre de trouver en partie réponse aux exigences croissantes des clients - des entreprises d'abattage-découpe (notamment pour les entreprises habilitées **USDA**) en terme de sécurité des aliments, puisque le nettoyage-désinfection était jusqu'à présent un point critique les plus difficiles à maîtriser. ■

Etude réalisée avec le concours financier de l'OFIVAL