

Provided for non-commercial research and education use.  
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>

## INFORMATION PROFESSIONNELLE

# Recommandations relatives à l'utilisation des antibiotiques chez le brûlé à la phase aiguë – Texte long<sup>☆</sup>

## Guidelines for use of antibiotics in burn patient at the acute phase – Long text

Société française d'étude et de traitement des brûlures (SFETB)

Disponible sur Internet le 25 mars 2009

Mots clés : Antibiotiques ; Actinothérapie ; Brûlure ; Brûlé ; Résistance bactériennes ; Pharmacocinétique ; Pharmacodynamie ; Dosages

Keywords: Antibiotic; Antibiotherapy; Burn; Thermal injury; Bacterial resistance; Pharmacokinetic; Pharmacodynamics; Dosing

### GRUPE DE TRAVAIL

Coordonateur : François Ravat (fravat@ch-stjoseph-stluc-lyon.fr), Centre des brûlés, centre hospitalier Saint-Joseph et Saint-Luc, 20, quai Claude-Bernard, 69007 Lyon, France.

Experts : Pierre Ainaud (Marseille), Marc Bertin-Maghit (Lyon), Hervé Carsin (Clamart), Ronan Le-Floch (Nantes), Gérard Perro (Bordeaux), François Ravat<sup>1</sup> (Lyon), Christophe Vinsonneau (Paris)

### I. INTRODUCTION

Une étude réalisée dans les centres des brûlés français pendant l'été 2007 a montré que 19 % des patients hospitalisés développaient une infection. Quoique ces chiffres soient comparables à ceux observés dans les services de réanimation, l'infection reste un problème majeur dans la prise en charge des brûlés et en particulier celle causée par des bactéries hospitalières qui ont acquis la multirésistance aux antibiotiques.

<sup>☆</sup> Ces recommandations ont été établies par un groupe d'experts de la Société française d'étude et de traitement des brûlures (SFETB) à l'issue d'une table ronde intitulée « infection chez le brûlé », présentée lors du 17<sup>e</sup> congrès de la SFETB en juin 2007. Dix items principaux ont été identifiés par les experts qui ont également décidé de consacrer un item supplémentaire à l'antibioprophylaxie. L'analyse de la littérature, la synthèse des éléments importants et la rédaction des recommandations ont été conduites par trois des membres du groupe. Les modifications, la rédaction définitive et la validation ont été conduites collectivement par tous les experts. Les recommandations se fondent sur les niveaux de preuve de la médecine factuelle [1,2] (Annexe A). Le présent travail a fait l'objet d'une validation par le conseil d'administration de la SFETB en juin 2008.

<sup>1</sup> Auteur correspondant.

Or la multirésistance est en relation directe avec la consommation d'antibiotiques. Par ailleurs, lorsque ces bactéries sont des bacilles à Gram-négatif, les molécules les plus efficaces datent de 20 ans pour les plus récentes sans espoir de mise à disposition de nouvelles molécules, y compris dans un futur lointain. De ce fait, il est clair que les antibiotiques actuels – encore actifs – ne doivent pas être galvaudés. Les dix recommandations qui suivent sont proposées dans ce but.

- L'antibiotique doit être utilisé en gardant à l'esprit que sa cible n'est pas le malade mais la bactérie : le clinicien doit sélectionner la ou les molécules dont l'efficacité antibactérienne est la plus grande et chercher à obtenir des concentrations suffisantes au foyer infectieux pour éradiquer les pathogènes visés (bactéricidie).
- L'antibiotique ne doit pas faire émerger de résistances bactériennes ; son emploi devra être fait dans le but de limiter la pression de sélection et ainsi d'en limiter les conséquences en terme d'écologie bactérienne.
- L'antibiotique n'est qu'un des moyens de lutte contre l'infection. L'antibiothérapie s'inscrit dans une stratégie globale de service hospitalier au même titre que l'hygiène.

### 2. RÈGLE 1 – PAS D'ANTIBIOTIQUE EN L'ABSENCE D'INFECTION AVÉRÉE (NIVEAU 1)

La maîtrise de la prescription d'antibiotiques, en permettant notamment de réduire les antibiothérapies inutiles, est un excellent moyen de diminuer l'émergence de résistances bactériennes [3–5]. Ce n'est pas toujours facile car chez le brûlé les critères généraux d'infection, qu'ils soient cliniques

(hyperthermie) ou biologiques (hyperleucocytose, élévation de la CRP...), ne sont pas opérants surtout lorsqu'il s'agit d'un brûlé grave. En effet, en cas de brûlure grave, celle-ci est à l'origine d'un syndrome inflammatoire avec réponse systémique qui modifie les critères cliniques ou biologiques habituels permettant le diagnostic d'infection [6–9]. De ce fait, choisir une antibiothérapie sur les critères usuels d'infection peut entraîner la prescription d'antibiotiques inutiles. Cela a conduit les experts à préciser les critères à retenir pour porter le diagnostic d'infection chez le patient brûlé. Les critères retenus sont fondés sur ceux validés pour la réanimation avec deux particularités que sont les définitions générales d'infection et les critères d'infection des brûlures. Il faut, en effet, savoir « différencier l'infection cutanée de la colonisation » car la présence de germes sur la peau ne signifie pas systématiquement l'infection de celle-ci (Annexe B, liste des critères).

### 3. RÈGLE 2 – L'INFECTION LOCALE RELÈVE D'UN TRAITEMENT LOCAL (NIVEAU 1)

L'antibiothérapie prescrite pour prévenir l'infection des brûlures n'empêche pas l'infection de celles-ci et favorise même l'émergence de bactéries multirésistantes [10]. On sait par ailleurs que les topiques locaux sont efficaces pour prévenir ou traiter l'infection des brûlures [7].

Pour ces deux raisons, l'infection locale ne doit relever que d'un traitement local. Lorsque l'infection locale s'accompagne de signes généraux d'infection, les experts considèrent que le processus infectieux n'est plus purement local et dans ce cas l'utilisation d'antibiotiques peut être justifiée.

### 4. RÈGLE 3 – TENTER DE RÉDUIRE L'INOCULUM BACTÉRIEN (NIVEAU 5)

Au sein d'une population bactérienne, la probabilité d'apparition de souches mutantes résistantes aux antibiotiques n'est pas nulle. Par exemple chez *Pseudomonas aeruginosa*, la probabilité d'apparition d'une souche résistante aux fluoroquinolones est évaluée à  $10^{-6}$ . Le risque d'apparition de mutants résistants augmente en relation directe avec la taille de la population bactérienne (inoculum). Avec *Pseudomonas aeruginosa*, si la taille de la population bactérienne dépasse  $10^6$ , la probabilité d'apparition d'une souche résistante aux fluoroquinolones devient élevée. Un des moyens de limiter cette probabilité est la réduction de l'inoculum [11]. Pour certaines pathologies infectieuses, la diminution de l'inoculum peut assurer à elle seule la guérison sans antibiothérapie ou bien en constituer le traitement principal (c'est notamment le cas des infections cutanées et des tissus mous [12]). Chez les patients brûlés, des inocula très importants peuvent être observés au cours des pneumopathies et/ou en cas d'infection des brûlures ; dans ces deux cas, la réduction de l'inoculum est essentielle ; elle passe respectivement par le désencombrement pour la pneumopathie et la détersion, voire l'excision des tissus brûlés infectés.

Lors d'une colonisation d'un tissu par des bactéries, le passage de la colonisation à l'infection dépend de trois facteurs : l'importance de l'inoculum bactérien, les défenses de l'hôte et la

virulence de la bactérie [13–15]. Réduire l'inoculum peut donc aussi contribuer à prévenir la survenue d'infections.

Dans tous les cas de figure, les experts recommandent de chercher à réduire l'inoculum bactérien.

### 5. RÈGLE 4 – L'ANTIBIOTHÉRAPIE DES INFECTIONS GRAVES EST UNE URGENCE THÉRAPEUTIQUE (NIVEAU 1)

En cas d'infection grave (c'est-à-dire mal tolérée et/ou mettant en jeu le pronostic vital), l'antibiothérapie doit être « débutée sans délai », c'est-à-dire dans les six heures qui suivent le diagnostic d'infection [16,17] ; en effet une antibiothérapie retardée accroît la mortalité [17–19]. Lorsque l'infection est peu grave (c'est-à-dire bien tolérée et/ou non à l'origine d'une défaillance d'organe), l'instauration de l'antibiothérapie peut attendre les résultats de la documentation microbiologique.

En situation d'infection grave, celle-ci n'est habituellement pas documentée au plan bactériologique ; il faudra donc savoir « mettre en œuvre les prélèvements nécessaires avant d'instaurer l'antibiothérapie » [20] « mais sans la retarder ».

Dans la mesure où l'infection n'est pas bactériologiquement documentée, l'antibiothérapie est nécessairement probabiliste et les molécules sont volontiers choisies à large spectre dans un but d'efficacité maximale. Néanmoins, le choix des molécules à utiliser en première intention dépend de plusieurs critères :

- écologie locale du patient ;
- écologie du service ;
- durée d'hospitalisation ;
- antibiothérapie antérieure ;
- état du patient...

### 6. RÈGLE 5 – CHOISIR DE PRÉFÉRENCE DES ANTIBIOTIQUES BACTÉRICIDES (NIVEAU 5)

Le patient brûlé présente un déficit immunitaire, encore imparfaitement compris, mais qui affecte principalement l'immunité cellulaire (lymphocytes, macrophages et neutrophiles) [21], dans ces conditions l'antibiothérapie devra probablement être efficace sans le secours des défenses immunitaires [22].

Par ailleurs, les infections observées sont souvent des infections pour lesquelles l'inoculum bactérien est important (pneumopathies, infections des brûlures), un antibiotique bactéricide permettra de réduire l'inoculum.

Enfin, en cas d'infection grave, l'antibiothérapie devra être efficace rapidement.

Pour toutes ces raisons, les experts recommandent l'utilisation de molécules bactéricides.

### 7. RÈGLE 6 – SAVOIR ASSOCIER LES ANTIBIOTIQUES (NIVEAU 5)

La littérature n'apporte pas d'argument formel pour recommander une association plutôt qu'une monothérapie [23,24] sauf cas particuliers.

L'association présente cependant un certain nombre d'avantages théoriques : élargissement du spectre (utile en

situation d'antibiothérapie probabiliste), augmentation de la bactéricidie (pour une bactéricidie plus importante et plus rapide), prévention de l'émergence de mutants résistants (surtout si l'inoculum est important). La probabilité de résistance bactérienne aux deux molécules d'une association est le produit de la probabilité de chaque molécule prise isolément (si chaque molécule présente une probabilité de  $10^{-6}$ , la probabilité de l'association est de  $10^{-12}$ , ce qui dépasse la taille des inocula bactériens habituellement rencontrés).

Par ailleurs, certains antibiotiques ne doivent pas être utilisés en monothérapie en raison d'un risque de sélection connu comme très élevé (fosfomycine, acide fusidique, rifampicine, fluoroquinolones)[11]. De la même manière, il est recommandé de faire appel aux associations en présence des certaines bactéries hospitalières multirésistantes pour préserver le profil de sensibilité et éviter l'acquisition de nouvelles résistances [11].

On rappelle que le patient brûlé est considéré comme un immunodéprimé chez qui de nombreux facteurs modifient la pharmacocinétique des antibiotiques [25] ; cela signifie que les modalités d'utilisation sont très différentes de celles recommandées chez le volontaire sain [26].

L'antibiothérapie doit être non seulement instaurée sans délai mais elle doit être efficace d'emblée [11,12,16,17,19].

Pour toutes ces raisons, les experts recommandent l'emploi des associations d'antibiotiques, pendant au moins les 72 premières heures, pour la prise en charge des infections bactériennes graves chez les patients brûlés.

## 8. RÈGLE 7 – ADAPTER L'ANTIBIOTHÉRAPIE (NIVEAU 1)

La stratégie proposée comporte deux temps [19,27,28] :

- l'approche clinique initiale avec instauration d'un traitement empirique dès le diagnostic suspecté ;
- l'approche bactériologique secondaire avec réévaluation du traitement initial sur la base d'une documentation précise.

L'antibiothérapie doit être instaurée sans délai [16,17]. De ce fait, elle est souvent débutée alors même que la documentation bactériologique fait défaut (antibiothérapie probabiliste). Cette antibiothérapie probabiliste peut être inappropriée et l'on sait qu'une antibiothérapie inadéquate augmente la mortalité [17,29]. De plus, l'antibiothérapie probabiliste est habituellement choisie à large spectre – au risque de sélectionner des souches multirésistantes – alors même que les bactéries en cause peuvent être sensibles à des molécules de spectre plus étroit [30,31]. « Dans ces conditions, toute antibiothérapie doit être réévaluée après 48 à 72 heures » [12,16,20] en présence des résultats bactériologiques et dès que ceux-ci sont disponibles ; « l'antibiothérapie devra être adaptée » au(x) germe(s) présumé(s) responsable(s) de l'infection.

## 9. RÈGLE 8 – SAVOIR PRATIQUER LA DÉSESCALADE/SAVOIR ARRÊTER L'ANTIBIOTHÉRAPIE (NIVEAU 5)

Remplacer une antibiothérapie probabiliste à spectre large par une antibiothérapie adaptée à spectre étroit guidée par

l'antibiogramme s'appelle la « désescalade » ; elle doit être réalisée chaque fois que cela est possible [16,20,27,28,32]. La désescalade poursuit deux buts : un bénéfice individuel (guérison du malade) et un bénéfice collectif (réduire la pression de sélection, source de résistances bactériennes). Ses conditions d'application sont au nombre de trois :

- une documentation bactériologique disponible ;
- une documentation positive (antibiogramme) ;
- une amélioration du tableau infectieux après 72 heures.

On en conçoit bien les limites :

- la fiabilité des données bactériologiques (par exemple en cas de pneumopathies acquises sous ventilation mécanique, quel type de prélèvement choisir pour affirmer le diagnostic ?) ;
- l'appréciation de l'évolution du tableau infectieux (pour les pneumopathies sur quels éléments juger de l'amélioration des pneumopathies : l'hyperthermie ? les gazométries artérielles ? l'imagerie ?).

L'arrêt d'une antibiothérapie considérée comme inutile peut être assimilé à une désescalade [33].

La nécessité de réévaluer l'antibiothérapie et de procéder à la désescalade pose aussi la question de la « durée du traitement ». En dehors de quelques situations particulières liées au micro-organisme et/ou à une défaillance immunitaire sévère, une antibiothérapie bien conduite permet une décroissance bactérienne rapide [34]. L'administration prolongée d'une antibiothérapie est souvent injustifiée et conduit au contraire à majorer la pression de sélection. En s'appuyant sur plusieurs essais prospectifs randomisés conduits dans le cadre de pneumopathies acquises sous ventilation mécanique [32,35,36], les experts recommandent une « durée d'antibiothérapie de sept à huit jours » pour la majorité des cas d'infections rencontrées chez les patients brûlés, à condition que le traitement initial ait été approprié. Cette recommandation ne s'applique pas aux infections à *Pseudomonas aeruginosa* pour lequel une durée plus longue est peut-être nécessaire [35]. Dans ce dernier cas, il conviendra de ne pas dépasser 15 jours d'antibiothérapie appropriée [37] ou d'interrompre l'antibiothérapie après 48 à 72 heures d'apyrexie (ou de disparition des signes ayant fait porter le diagnostic d'infection).

## 10. RÈGLE 9 – RESPECTER LES MODALITÉS D'ADMINISTRATION : POSOLOGIES, RYTHME D'INJECTION (NIVEAU 1)

### 10.1. Notions de pharmacocinétique

La pharmacocinétique des antibiotiques est très fortement perturbée chez le patient brûlé. De ce fait, les posologies habituellement recommandées et établies chez le volontaire sain ne sont pas recommandables.

Chez les patients de réanimation et les brûlés, la perturbation et le caractère très imprévisible du volume de distribution et de la clairance des molécules ont été largement documentés depuis 30 ans. Ces modifications concernent toutes les classes de molécules [26,38–44]. Tous les paramètres qui conditionnent la pharmacocinétique des antibiotiques sont concernés

(absorption, distribution, métabolisme, excrétion) avec cependant d'importantes variations interindividuelles [39]. Ce que l'on observe est une baisse des concentrations tissulaires par rapport aux valeurs habituelles. Il est également montré que les concentrations sériques basses sont à l'origine d'échecs thérapeutiques et de l'émergence de souches résistantes [45]. De plus, les mécanismes de résistance développés par les bactéries conduisent à une réduction d'efficacité de la dose d'antibiotique administrée (augmentation des CMI), l'ensemble de ces facteurs concourant à des échecs thérapeutiques [46].

Pour toutes ces raisons, il est recommandé d'augmenter la dose de chaque antibiotique administré chez le brûlé mais aussi d'en aménager les modalités d'administration.

## 10.2. Notions de pharmacodynamie

Les antibiotiques peuvent être répartis en deux groupes selon leur bactéricidie [47,48] :

- les antibiotiques à bactéricidie concentration-dépendante. Dans ce cas, la bactéricidie est proportionnelle à la concentration obtenue, c'est-à-dire à la dose administrée : plus la dose est élevée, plus la bactéricidie est intense. L'objectif à atteindre est donc la concentration la plus élevée possible, la seule limite étant les effets secondaires ;
- les antibiotiques à bactéricidie temps-dépendante. Dans ce cas, la vitesse de bactéricidie augmente avec la dose mais atteint un plateau au-delà duquel elle n'augmente plus (bactéricidie maximale). Avec des antibiotiques de ce type, l'élément déterminant c'est le temps passé au-dessus de la concentration minimale inhibitrice (CMI).

Les modalités d'administration dépendent des caractéristiques pharmacodynamiques des molécules [47,49].

- Antibiotiques à bactéricidie concentration-dépendante (aminosides, fluoroquinolones et fosfomycine) [34,50–54]. Le paramètre à prendre en compte est le quotient inhibiteur (QI). Il se définit comme le rapport entre la concentration maximale ( $C_{max}$ ) et la CMI. L'« administration est discontinuée » ; l'intervalle entre deux administrations dépend de la demi-vie de la molécule ; il ne doit pas dépasser trois fois la demi-vie de celle-ci [55]. De ce fait, le schéma d'administration des aminosides est la dose unique journalière (DUJ) alors qu'avec les fluoroquinolones le schéma comporte plusieurs injections quotidiennes (ciprofloxacine 3 à 4 fois par jour, ofloxacine 3 fois par jour, péfloxacine 2 fois par jour, lévofloxacine 2 à 3 fois par jour) ;
- Antibiotiques à bactéricidie temps-dépendante (bêta-lactamines, glycopeptides) [45,56–58]. La bactéricidie est lente et donc relativement indépendante de la concentration. Le paramètre prédictif du succès thérapeutique est le temps pendant lequel les concentrations sériques d'antibiotiques se situent au-dessus de la CMI. Le but à atteindre est donc d'obtenir des « concentrations sériques dépassant la CMI dans 100 % du temps ». Pour cela, il y a plusieurs moyens : utiliser des molécules à demi-vie longue, raccourcir le délai entre deux injections ou utiliser une administration par perfusion continue. Les experts recommandent « l'administration par perfusion continue » car cette modalité semble offrir les

meilleures garanties de taux sériques stables chez le patient brûlé [59–61]. L'administration par perfusion continue implique l'injection d'une « dose de charge » afin d'obtenir des taux supérieurs à la CMI dans des délais raisonnables. La dose de charge dépend des molécules utilisées [12,16].

## 10.3. Modalités pratiques

Voir Annexe C.

## 11. RÈGLE 10 – SAVOIR DOSER LES ANTIBIOTIQUES (NIVEAU 2)

Si historiquement les dosages d'antibiotiques étaient proposés pour prévenir la toxicité des antibiotiques, il n'y a actuellement plus de doute quant à leur intérêt pour garantir l'efficacité des molécules utilisées [38,56,62–64] et même à leur mise en œuvre la plus rapide possible. Un nouveau concept a même été défini, fondé sur les interactions entre la pharmacocinétique du médicament et sa pharmacodynamie, concept mis en pratique grâce aux dosages sériques. Deux situations se présentent selon la bactéricidie de l'antibiotique considéré :

- bactéricidie concentration-dépendante : il est recommandé de chercher à obtenir un « QI supérieur à 10 dans la plupart des cas » [34,50] et un QI supérieur à 20 en présence d'une infection à *Pseudomonas aeruginosa* ou germe équivalent. Pour déterminer le QI, il faut connaître la  $C_{max}$  et donc réaliser des dosages sériques (voir plus bas) ; il faut également connaître la CMI du germe à traiter. On peut « connaître la CMI » auprès du laboratoire de bactériologie (qui est en mesure de la déterminer et notamment à l'aide du E-test [65]) ; on peut également connaître la CMI habituelle des principaux pathogènes, celle-ci est mise à jour annuellement par le comité français de l'antibiogramme ([www.sfm.asso.fr](http://www.sfm.asso.fr) rubrique « recommandations du CASFM »). On y trouve la CMI la plus élevée pour déclarer la bactérie sensible (concentration critique inférieure ou CCI) qui sera celle de référence si l'on ne dispose pas de la CMI réelle. Pour la  $C_{max}$ , il faut réaliser le dosage 30 minutes après la fin de l'injection, sauf avec la ciprofloxacine ou le prélèvement doit être réalisé dès la fin de l'administration en raison de la grande diffusivité de la molécule. Avec les aminosides, un dosage avant la seconde injection est recommandé (taux résiduel), il sert à attester de l'absence de toxicité des posologies utilisées ;
- bactéricidie temps-dépendante : l'administration d'une perfusion continue implique également de définir le niveau de concentration cible à atteindre. Les experts recommandent une « concentration à l'équilibre ( $C_{ss}$ ) égale à quatre à cinq fois la CMI » [59]. Dans certains cas particuliers comme les infections à *Pseudomonas*, la  $C_{ss}$  cible est fixée à au moins dix fois la CMI [57]. La demi-vie de la plupart de ces molécules étant relativement courte, on peut considérer que l'équilibre est atteint à cinq fois  $t_{1/2\beta}$ , c'est-à-dire dès le lendemain de l'introduction du produit [59]. L'équilibre est plus rapidement atteint après l'administration d'une dose de charge. Dans ces conditions

le dosage peut être prélevé à n'importe quel moment, dès l'équilibre atteint.

## 12. CAS PARTICULIER – ANTIBIOPROPHYLAXIE PÉRIOPÉRAtoire

Chez les patients brûlés, l'antibioprophylaxie n'a d'intérêt que dans le cadre de la période périopératoire (voir plus haut, règle 2) [10] (niveau 1).

Elle vise à remplir trois objectifs [66,67] :

- réduire au maximum l'inoculum local pour favoriser le succès de la greffe ;
- diminuer les bactériémies à point de départ local, et ce, d'autant plus que la surface brûlée est importante ;
- ne pas augmenter la pression de sélection.

L'antibioprophylaxie obéit à un certain nombre de « règles d'utilisation » définies par plusieurs conférences de consensus conduites par d'autres sociétés savantes et largement diffusées [68], elles sont les suivantes (niveau 5) :

- l'antibioprophylaxie doit débuter avant la chirurgie et suffisamment longtemps avant (1 heure 30 minutes environ) ;
- la moitié de la dose initiale doit être réinjectée toutes les deux demi-vies de la molécule (pour l'oxacilline, la réinjection doit être pratiquée toutes les 4 heures) ;
- la durée de l'antibioprophylaxie est de 24 heures ; elle ne doit jamais dépasser 48 heures ;
- en cas d'administration réitérée, la perfusion continue après dose de charge est possible si la pharmacodynamie de la molécule s'y prête (molécules à bactéricidie temps-dépendante).

Pour les patients brûlés, l'antibioprophylaxie s'adresse aux malades devant subir une « chirurgie invasive » (excisions, lambeaux... ) ; elle n'est pas de mise pour les pansements.

Chez les patients brûlés et en accord avec les référentiels [68], les experts recommandent les pratiques suivantes (niveau 5) :

- premier cas : « absence d'infection locale identifiée et cible bactérienne non définie. Mise en œuvre d'une antibioprophylaxie antistaphylococcique méthi-S, c'est-à-dire oxacilline ou cloxacilline (30 mg/kg) ou encore céphalosporine de première génération (30 mg/kg). En cas d'allergie, il sera fait appel à la clindamycine (10 mg/kg).
- second cas : « absence d'infection locale identifiée mais isolement d'un pathogène sur les prélèvements cutanés ».

La molécule à administrer devra être active sur ce pathogène ;

- cas particulier : infection locale documentée ou non.

Il ne s'agit pas de prophylaxie au sens strict puisqu'une infection est en cours. Il est recommandé de prendre en compte cette infection en administrant une ou des molécules actives sur le pathogène identifié ou présumé. L'administration doit obéir aux règles usuelles ;

- cas particulier : « mise en place d'un substitut cutané inerte type derme artificiel ». En l'absence de recommandations dans la littérature, les experts proposent la conduite suivante : prélèvement cutané préalable, antibioprophylaxie ciblée sur le pathogène identifié (ou à

défaut antibioprophylaxie antistaphylococcique), règles habituelles d'administration.

## ANNEXE A. NIVEAUX DE PREUVE

<b>Niveau 1</b>	Études aléatoires avec un faible risque de faux positifs ( $\alpha$ ) et de faux négatifs ( $\beta$ ) Puissance élevée ( $\beta = 5-10\%$ ) Études randomisées, grand nombre de patients, résultats nets, risque d'erreur faible
<b>Niveau 2</b>	Risque alpha élevé ou faible puissance Études randomisées, petit nombre de patients ou patients non consécutifs, résultats incertains, risque d'erreur assez important Études de cohorte
<b>Niveau 3</b>	Études non aléatoires. Sujets « contrôlés » contemporains Études comparatives non randomisées Études cas-témoins
<b>Niveau 4</b>	Études non aléatoires. Sujets « contrôlés » non contemporains Séries de cas Cohortes ou cas-témoins de faible qualité
<b>Niveau 5</b>	Études de cas Avis d'experts Articles de recherche

## ANNEXE B

### B.1. Définitions générales

#### Pas de valeur prédictive d'infection

- Chez l'adulte, critères de syndrome inflammatoire à réponse systémique (SIRS) ; au moins deux critères présents sur les quatre ci-dessous :
  - une  $T^{\circ}C > 38,5^{\circ}C$  ou  $< 36^{\circ}C$ ,
  - un FC  $> 90$  battements par minute,
  - un FR  $> 20$  cycle par minute ou capnie  $< 25$  mmHg,
  - des leucocytes  $> 12 G$  ou  $< 4 G$  ou  $> 10\%$  de formes immatures.
- toute brûlure  $> 20\%$  de la SCT et/ou toute brûlure avec lésion d'inhalation de fumée est susceptible de présenter les critères de SIRS en dehors de tout processus infectieux.

#### Valeurs prédictives d'infection

Les valeurs prédictives d'infection sont les suivantes :

- apparition des critères de SIRS chez un adulte dont les lésions sont  $< 15$  ou  $20\%$  de la SCT et n'ayant pas de lésions d'inhalation de fumées ;
- présence d'au moins 2 des 4 critères ci-dessous chez un adulte porteur d'une brûlure  $> 20\%$  de la SCT et/ou de lésions d'inhalation de fumée :
  - $T^{\circ}C > 39,5^{\circ}C$  ou  $< 35,5^{\circ}C$ ,
  - $\nearrow 50\%$  FC basale,
  - $\nearrow 50\%$  FR basale,
  - $\nearrow$  ou  $\searrow 100\%$  du nombre de leucocytes,
  - défaillance hémodynamique nécessitant l'instauration ou l'augmentation des posologies d'un traitement par les catécholamines.

## B.2. Définitions des critères d'infection des brûlures

Le diagnostic d'une infection cutanée est clinique.

### Infection bactérienne

I Signes locaux positifs :

- présence d'une réaction inflammatoire locale ou locorégionale et/ou ;
- évolution locale défavorable et inattendue ;
- au niveau des brûlures :
  - présence de pus,
  - détersion et séparation rapides,
  - apparition de tâches noirâtres (nécrose ou hémorragie),
  - conversion inexplicable d'une lésion superficielle en profonde au delà de la 48<sup>e</sup> heure ;
- au niveau des prises de greffe :
  - présence de pus,
  - retard de cicatrisation inexplicable,
  - escarre ;
- au niveau des greffes :
  - présence de pus,
  - lyse des greffes,
  - nécrose de la graisse située sous la greffe ;
- au niveau des zones cicatrisées :
  - impétigo,
  - lyse des zones guéries.

### 2 Prélèvements bactériologiques cutanés

Ils sont destinés à connaître le(s) germe(s) en cause.

Le plus souvent un simple écouvillonnage suffit.

La biopsie n'est jamais systématique, dans les cas difficiles une biopsie peut être réalisée ; on peut alors faire :

- un examen microbiologique :
  - apposition d'une empreinte sur lame avec coloration et mesure semi-quantitative des germes,
  - quantification des germes présents par gramme de tissu après broyat : seuil de 10<sup>5</sup> CFU/g retenu comme significatif du risque de dissémination hématogène ;
- un examen anatomopathologique extemporané après congélation permettant d'apprécier la notion d'invasivité :
  - colonisation : germes dans les tissus non vascularisés,
  - infection : germes dans les tissus vivants et au contact des vaisseaux.

L'infection cutanée accompagnée de signes généraux est une infection systémique d'origine cutanée.

Signes généraux	+	+	+	–	–	+	–
Signes locaux	+	–	+	–	+	–	+
Prélèvement cutané	+	–	–	+	+	+	–
Infection cutanée	+	–	+	–	+	?	+

### Infection cutanée fongique

Le diagnostic peut être confirmé par biopsie.

### Infection cutanée herpétique

Le diagnostic est clinique et peut être confirmé par la survenue d'une conversion sérologique et la présence de virus dans les prélèvements locaux.

## B.3. Définitions des critères d'infection pour les autres sites

Les définitions par sites (ci-dessous) sont issues de celles retenues par les C. CLIN pour les enquêtes du réseau de surveillance REA-REACAT/RAISIN 2006. Ces définitions sont reprises dans « le guide de définition des infections nosocomiales – du C. CLIN Paris-Nord (1995), elles-mêmes adaptées des définitions des CDC de 1988 (Gardner JS, Jarvis WR, Emori TG, et al. CDC definitions for nosocomial infections. Am J Infect Control 1988;16:128–40) et du CSHPF de 1992 (100 recommandations pour la surveillance et la prévention des infections. BEH 1992).

### Infection pulmonaire

#### Pneumopathie

Signes généraux + signes spécifiques d'organe ± critères microbiologiques :

- deux clichés radiographiques au moins, avec une nouvelle image évocatrice de pneumopathie ou la modification d'une image précédente ;
- au moins un des signes suivants ou deux en l'absence de critères microbiologiques :
  - apparition de sécrétions purulentes ou modification des caractéristiques (couleur, odeur, consistance, quantité),
  - dyspnée, tachypnée ou toux (si non ventilé),
  - hypoxémie d'apparition ou d'aggravation récente ;
- ± diagnostic microbiologique (un des critères suivants) :
  - LBA avec seuil de 10<sup>4</sup> CFU/ml ou > 5 % de cellules avec inclusion bactériennes au direct,
  - brosse de Wimberley avec seuil de 10<sup>3</sup> CFU/ml,
  - PDP avec seuil de 10<sup>3</sup> CFU/ml,
  - aspiration bronchique quantitative avec seuil de 10<sup>6</sup> CFU/ml,
  - hémoculture ou prélèvement de tissu bronchique (histologie) ou de liquide pleural positif en l'absence d'autre source infectieuse,
  - examens spécifiques pour les pneumopathies virales ou dues à des micro-organismes particuliers (Ag ou Ac dans les sécrétions bronchiques, examens directs ou cultures positives des sécrétions bronchiques, antigènes urinaires ou conversions sérologiques).

#### Bronchite

Signes généraux, toux, modification récente des expectorations ou aspirations bronchiques, râles bronchiques et isolement de germe(s) dans les aspirations bronchiques et absence de foyer radiologique.

### Bactériémie

Signes généraux + hémoculture(s) positive(s) :

- au moins une hémoculture positive à un germe réputé pathogène prélevée au pic thermique ;
- deux hémocultures positives (à 48 heures d'intervalle maximum) prélevées au pic thermique pour les germes suivants : *Staphylococcus* à coagulase négative, *Bacillus* sp.,

*Corynebacterium* sp., *Propionibacterium* sp., *Micrococcus* sp., *Acinetobacter* sp. ;

- une bactériémie peut être primitive sans foyer infectieux identifié ou secondaire avec un foyer infectieux identifié (poumon, urines, brûlure...). Le diagnostic associera donc les signes de bactériémie à ceux de l'organe considéré. Dans le cas particulier d'une bactériémie lié au cathéter veineux central, il faudra :
  - un diagnostic de bactériémie avec hémoculture positive survenant dans les 48 heures encadrant le retrait du KT en l'absence d'autre foyer infectieux au même germe,
  - l'un des critères suivants :
    - culture quantitative du cathéter au même germe a 10<sup>3</sup> CFU/ml,
    - hémocultures différentielles avec CVC/périphérique > 5 ou délai de positivité CVC/périphérique > 2 heures au même germe.

### Infection de cathéter central

Infection locale ou générale non bactériémique avec tous les critères suivants :

- absence d'hémoculture au même germe ;
- absence de signes généraux ;
- CVC positif > 10<sup>3</sup> CFU/ml ;
- régression, du syndrome infectieux dans les 48 heures suivant le retrait du KT.

### Infection urinaire

- ECBU positif ;
- asymptomatique (sans signes généraux) :
  - uroculture > 10<sup>5</sup> CFU/ml si le patient a été sondé dans les 7 jours précédents,
  - en l'absence de sondage, 2 urocultures consécutives > 10<sup>5</sup> CFU/ml au(x) mêmes germes sans qu'il y ait plus de deux espèces ;
- symptomatique (avec signes généraux) : uroculture > 10<sup>5</sup> CFU/ml (2 espèces max) ou > 10<sup>3</sup> CFU/ml avec > 10<sup>4</sup> leucocytes/ml et des signes généraux.

## ANNEXE C. MODALITÉS D'ADMINISTRATION DE QUELQUES ANTIBIOTIQUES CHEZ LE BRÛLÉ

### C.1. Bêta-lactamines

Les bêta-actamines sont des antibiotiques à bactéricidie temps-dépendante.

Les bêta-lactamines doivent être administrées en perfusion continue chaque fois que possible [55,69–73]. La perfusion continue est immédiatement précédée d'une dose de charge, variable selon les molécules [12,16] et le plus souvent équivalente à la dose unitaire utilisée lors d'administrations répétées. L'administration continue est parfois rendue difficile par des problèmes de stabilité des molécules dans le temps (acide clavulanique), d'incompatibilité physicochimiques de molécules entre elles, voire de pharmacocinétique différente de la molécule et de son cofacteur (amoxicilline–acide clavulanique/imipénème–cilastatine).

### Pénicillines

#### Cloxacilline (Orbenine<sup>®</sup>), oxacilline

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)

150–200 mg/kg par jour

Dose de charge 50 mg/kg

Concentration cible à atteindre : 8 à 10 mg/l ou 4 à 5 fois la CMI

#### Amoxicilline (Clamoxyl<sup>®</sup>) amoxicilline–acide clavulanique (Augmentin<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)

150–200 mg/kg par jour

Dose de charge 50 mg/kg

Concentration cible à atteindre : 16 à 20 mg/l, soit 4 à 5 fois la CMI

Amoxicilline : la stabilité est de 6 h avec un solvant NaCl. En cas d'administration à la seringue électrique, remplacer la seringue toutes les 6 h.

Amoxicilline–acide clavulanique : l'acide clavulanique tend à s'accumuler en raison d'une demi-vie plus longue que celle de l'amoxicilline. En administration continue, prévoir 50 % de la dose sous forme d'amoxicilline et 50 % sous forme d'amoxicilline–acide clavulanique avec un changement de seringue toutes les 6 h. Dans le cas d'une administration discontinuée, la concentration cible recommandée (16–20 mg/l) est une concentration résiduelle « vallée ».

### Carboxy ou uréidopénicillines

#### Ticarcilline (Ticarpen<sup>®</sup>) ticarcilline–acide clavulanique (Claventin<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)

150–200 mg/kg par jour

Dose de charge 50 mg/kg

Concentration cible à atteindre : 64 à 80 mg/l ou 4 à 5 fois la CMI

Ticarcilline : la stabilité est de 24 h à 25 °C.

Ticarcilline–acide clavulanique : la stabilité est de 6 h à 25 °C. L'acide clavulanique tend à s'accumuler en raison d'une demi-vie plus longue que celle de la ticarcilline. En administration continue, prévoir 50 % de la dose sous forme de ticarcilline et 50 % sous forme de ticarcilline–acide clavulanique avec un changement de seringue toutes les 6 h. Dans le cas d'une administration discontinuée, la concentration cible recommandée (16–20 mg/l) est une concentration résiduelle « vallée ».

#### Pipéracilline (Piperilline<sup>®</sup>) pipéracilline–tazobactam (Tazocilline<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)

Au moins 200 mg/kg par jour

Dose de charge 50 mg/kg



Pas de problème de stabilité ou d'accumulation  
Concentration cible à atteindre : 64 à 80 mg/l ou 4 à 5 fois la CMI

### Céphalosporines

#### Céfotaxime (Claforan<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)  
100–150 mg/kg par jour  
Dose de charge 25 mg/kg  
Concentration cible à atteindre : 16 à 20 mg/l ou 4 à 5 fois la CMI

#### Ceftazidime (Fortum<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)  
100–150 mg/kg par jour  
Dose de charge 25 mg/kg  
Préférer une administration en poches souples par pompe volumétrique en raison du risque de dégagement gazeux... mais l'administration continue à la seringue électrique est parfaitement possible  
Concentration cible à atteindre : 16 à 20 mg/l ou 4 à 5 fois la CMI. Pour les germes à risque, (notamment *Pseudomonas aeruginosa* ticarcilline-R) : 32–40 mg/l ou 8 à 10 fois la CMI

#### Imipenem (Tienam<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)  
50–100 mg/kg par jour  
Dose de charge 10 mg/kg  
Stabilité : 3h30 à 25 °C  
Concentration cible à atteindre : 16 à 20 mg/l, soit 4 à 5 fois la CMI. Pour les germes à risque (notamment *Acinetobacter baumannii*) : 32–40 mg/l ou 8 à 10 fois la CMI

## C.2. Fluoroquinolones

Les fluoroquinolones sont des antibiotiques à bactéricidie concentration-dépendante sur les bacilles à Gram-négatif [74].

Ces produits doivent être administrés de manière réitérée.

La fréquence des injections est déterminée par la demi-vie des molécules [74].

La pharmacocinétique des fluoroquinolones a été très peu étudiée chez le brûlé, si bien qu'il n'est possible de donner des recommandations que pour la ciprofloxacine.

#### Ciprofloxacine (Ciflox<sup>®</sup>) [26,75]

Administration réitérée (bactéricidie concentration-dépendante)  
3 à 4 injections par jour  
10 à 20 mg/kg par injection (dose totale 30–80 mg/kg par jour)  
Perfuser le produit en 30 min/doser dès la fin de l'injection (diffusion très rapide)

Taux pic cible ( $C_{max}$ ) : > 30 µg/ml (optimal = 40 µg/ml) ou > 10 fois la CMI

Attention à l'apport hydrique (0,5 ml par mg de ciprofloxacine)

## C.3. Aminosides

Les aminosides sont des antibiotiques à bactéricidie concentration-dépendante. Ces produits doivent être administrés en dose unique journalière (DUJ). Les posologies doivent être augmentées chez le patient brûlé [42].

#### Amikacine (Amiklin<sup>®</sup>)

Administration en DUJ (bactéricidie concentration-dépendante)  
30 mg/kg par injection  
Perfuser le produit en 60 min  
Taux pic à doser 30 min après la fin de l'injection  
Taux pic cible : soit > 80 mg/l ou > 10 fois la CMI  
Taux résiduel à doser immédiatement avant l'injection suivante  
Taux résiduel < 5 mg/l

#### Gentamicine (Gentalline<sup>®</sup>) tobramycine (Nebcine<sup>®</sup>) nétilmicine (Netromycine<sup>®</sup>)

Administration en DUJ (bactéricidie concentration-dépendante)  
10 mg/kg par injection  
Perfuser le produit en 60 min  
Taux pic à doser 30 min après la fin de l'injection  
Taux pic cible : > 20 mg/l ou > 10 fois la CMI  
Taux résiduel à doser immédiatement avant l'injection suivante  
Taux résiduel < 2 mg/l

## C.4. Glycopeptides

#### Vancomycine (Vancocin<sup>®</sup>)

Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)  
30 mg/kg par injection  
Dose de charge 5 mg/kg  
1<sup>er</sup> dosage à effectuer après 12 h d'administration  
Dosage à l'équilibre à effectuer au cours de l'administration (pas d'horaire particulier)  
Taux pic cible = 20–30 mg/l

## C.5. Oxazolidinones

#### Linézolide (Zyvoxid<sup>®</sup>)\*

Activité limitée aux cocci Gram positif avec une bactéricidie limitée aux streptocoques [76].  
Administration en perfusion continue (bactéricidie temps-dépendante)  
1200 mg/j chez l'adulte

Dose de charge de 5 mg/kg  
 Concentration cible à atteindre : 10 mg/l, soit 5 fois la CMI  
 \*Peu de données disponibles à ce jour [77–79].

## RÉFÉRENCES

- [1] Sackett DL, Straus SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes RB. Evidence-based medicine: how to practice and teach EBM, 2nd ed., London: Churchill Livingstone; 2000.
- [2] Delvenne C, Pasleau F. Comment résoudre en pratique un problème diagnostique ou thérapeutique en suivant une démarche EBM ? Rev Med Liege 2000;55:226–32.
- [3] Kollef MH. Is there a role for antibiotic cycling in the intensive care unit? Crit Care Med 2001;28(Suppl. 4):N135–42.
- [4] Goldmann DA, Weinstein RA, Wenzel RP, et al. Strategies to prevent and control the emergence and spread of antimicrobial-resistant microorganisms in hospital. A challenge to hospital leadership [consensus statement]. JAMA 1996;275:234–40.
- [5] Haute Autorité de santé. Recommandations professionnelles : stratégies d'antibiothérapie et prévention des résistances bactériennes en établissement de santé, avril 2008; [www.has.fr](http://www.has.fr).
- [6] Latarjet J, Echinard C. Les brûlures. Paris: Masson; 1993.
- [7] Heggors JP, Hawkins H, Edgar P, Villareal C, Herndon D. Treatment of infection in burns. In: Herndon DH, et al., editors. Total burn care. 2nd ed., London: WB Saunders; 2002. p. 120–69.
- [8] Sherwood ER, Traber DL. The systemic inflammatory response syndrome. In: Herndon DH, editor. Total burn care. 3rd ed., Saunders-Elsevier; 2007. p. 293–309.
- [9] Jeschke MG, Mlcek RP, Finnerty CC, Norbury WB, Gauglitz GG, Kulp GA, et al. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. Crit Care Med 2007;35:S519–23 (suppl).
- [10] Uguburo AO, Atoyebi OA, Oyenyin JO, Sowemimo GOA. An evaluation of the role of systemic antibiotic prophylaxis in the control of burn wound infection at the Lagos University Teaching Hospital. Burns 2004;30:43–8.
- [11] Conférence d'experts de la Sfar (Société française d'anesthésie et de réanimation). Associations d'antibiotiques ou monothérapie en réanimation chirurgicale et en chirurgie, 1999; [www.sfar.org](http://www.sfar.org).
- [12] Société française d'anesthésie et de réanimation. Conférence d'experts. Texte court 2004. Antibiothérapie probabiliste des états septiques graves. Ann Fr Anesth Reanim 2004;23:1020–26.
- [13] Lepape A. Épidémiologie et écologie bactérienne des infections nosocomiales en réanimation. In: Martin C, Gouin F, editors. Infections et antibiothérapie en réanimation aux urgences et en chirurgie. Paris: Arnette; 2000. p. 427–39.
- [14] Greene JN. The microbiology of colonization, including techniques for assessing and measuring colonization. Infect Control Hosp Epidemiol 1996;17:114–8.
- [15] Bonten MJ, Weinstein RA. The role of colonization in the pathogenesis of nosocomial infections. Infect Control Hosp Epidemiol 1996;17:193–200.
- [16] Dellinger RP, Carlet JM, Masur H, et al. Surviving sepsis campaign: guidelines for management of severe sepsis and septic shock. Intensive Care Med 2004;30:536–55.
- [17] Kumar A, Roberts D, Wood KE, Light B, Parrillo JE, Sharma S, et al. Duration of hypotension before initiation of effective antimicrobial therapy is the critical determinant of survival in human septic shock. Crit Care Med 2006;34:1589–96.
- [18] Luna CM, Vujacic P, Niederman MS, Vay C, Gherardi C, Matera J, et al. Impact of BAL data on the therapy and outcome of ventilator-associated pneumonia. Chest 1997;111:676–85.
- [19] Iregui M, Ward S, Sherman G, Fraser VJ, Kollef MH. Clinical importance of delays in the initiation of appropriate treatment for ventilator-associated pneumonia. Chest 2002;122:262–8.
- [20] Kollef MH, Mlcek ST. Strategies to prevent antimicrobial resistance in the intensive care unit. Crit Care Med 2005;33:1845–53.
- [21] Munster AM. The immunological response and strategies for intervention. In: Herndon DH, et al., editors. Total burn care. 2nd ed., London: WB Saunders; 2002. p. 316–30.
- [22] Zhao X, Drlica K. Restricting the selection of antibiotic-resistant mutants: a general strategy derived from fluoroquinolones studies. Clin Infect Dis 2001;33(Suppl. 3):S147–56.
- [23] Brun-Buisson C. Associations d'antibiotiques ou monothérapie ? In: Actualités en réanimation et urgences.. Paris: Elsevier Masson; 2007. 463–473.
- [24] Safdar N, Handelsman J, Maki DG. Does combination antimicrobial therapy reduce mortality in Gram-negative bacteraemia? A meta-analysis. Lancet Infect Dis 2004;4:519–27.
- [25] Blanchet B, Julien V, Vinsonneau C, Tod M. Influence of burns on pharmacokinetics and pharmacodynamics of drugs used in the care of burn patients. Clin Pharmacokinet 2008;47:635–54.
- [26] Lesne Hulin A, Bourget P, Ravat F, Goudin C, Latarjet J. Clinical pharmacokinetics of ciprofloxacin in patients with major burns. Eur J Clin Pharmacol 1999;55:515–9.
- [27] Rello J, Vidaur L, Sandiumenge A, Rodriguez A, Gualis B, Boque C, et al. De-escalation therapy in ventilator-associated pneumonia. Crit Care Med 2004;32:2183–90.
- [28] Hoffken G, Niederman MS. Nosocomial pneumonia: the importance of a de-escalating strategy for antibiotic treatment of pneumonia in the ICU. Chest 2002;122:21483–2196.
- [29] Dupont H, Mentec H, Sollet JP, Bleichner G. Impact of appropriateness of initial antibiotic therapy on the outcome of ventilator-associated pneumonia. Intensive Care Med 2001;27:355–62.
- [30] Kollef MH. Optimizing antibiotic therapy in the intensive care unit setting. Crit Care 2001;5:189–95.
- [31] Kollef MH. Gram-negative bacterial resistance: evolving patterns and treatment paradigms. Clin Inf Dis 2005;40(Suppl. 2):S85–8.
- [32] Mlcek ST, Heuring TJ, Hollands JM, Shah RA, Kollef MH. Optimizing antibiotic treatment for ventilator-associated pneumonia. Pharmacotherapy 2006;26:204–13.
- [33] Kollef MH, Kollef KE. Antibiotic utilization and outcomes for patients with clinically suspected ventilator-associated pneumonia and negative quantitative BAL culture results. Chest 2005;128:2706–13.
- [34] Forrest A, Nix DE, Ballou CH, Goss TF, Birmingham MC, Schentag JJ. Pharmacodynamics of intravenous ciprofloxacin in seriously ill patients. Antimicrob Agents Chemother 1993;37:1073–81.
- [35] Chastre J, Wolff M, Fagon JY, Chevret S, Thomas F, Wermert D, et al. Comparison of 8 vs 15 days of antibiotic therapy for ventilator-associated pneumonia in adults: a randomized trial. JAMA 2003;290:2588–98.
- [36] Christ-Crain M, Stolz D, Bingisser R, Müller C, Miedinger D, Huber PR, et al. Procalcitonin guidance of antibiotic therapy in community-acquired pneumonia: a randomized trial. Am J Respir Crit Care Med 2006;174:84–93.
- [37] Guidelines for the management of adults with hospital-acquired ventilator-associated and healthcare-associated pneumonia. Am J Resp Crit Care Med 2005;171:388–416.
- [38] Potel G, Caillon J, Jacqueline C, Navas D, Kergueris MF, Batard E. Dosage des antibiotiques en réanimation : quand et comment demander et interpréter les tests. Réanimation 2006;15:187–92.
- [39] Weinbren MJ. Pharmacokinetics of antibiotics in burn patients. J Antimicrob Chemother 1999;44:319–27.
- [40] Zaske DE, Sawchuk RJ, Gerding DR, Strate RG. Increased dosage requirements of gentamycin in burn patients. J Trauma 1976;6:824–8.
- [41] Bourget P, Lesne-Hulin A, Le Reveillé R, Le Bever H, Carsin H. Clinical pharmacokinetics of piperacillin-tazobactam combination in patients with major burns and signs of infection. Antimicrob Agents Chemother 1996;40:139–45.
- [42] Conil JM, Georges B, Breden A, et al. Increased amikacin dosage requirement in burn patients receiving once-daily regimen. Int J Antimicrob Agents 2006;28:226–30.
- [43] Kiser TH, Hoody DW, Obritsch MD, Wegzyn CO, Bauling PC, Fish DN. Levofloxacin pharmacokinetics and pharmacodynamics in patients with severe burn injury. Antimicrob Agents Chemother 2006;50:1937–45.
- [44] Mohr 3rd JF, Ostrosky-Zeichner L, Wainright DJ, Parks DH, Hollenbeck TC, Ericsson CD. Pharmacokinetic evaluation of single-dose intravenous daptomycin in patients with thermal burn injury. Antimicrob Agents Chemother 2008;52:1891–3.
- [45] Craig W. Does the dose matter? Clin Infect Dis 2001;33(Suppl. 3) S233–7.

- [46] Roberts JA, Kruger P, Paterson DL, Lipman J. Antibiotic resistance – what's dosing got to do with it? *Crit Care med*; 36:2433–40.
- [47] Petitjean O, Nicolas P, Tod M. Pharmacodynamie des antibiotiques. In: Martin C, Gouin F, editors. *Infections et antibiothérapie en réanimation aux urgences et en chirurgie*. 2<sup>e</sup> édition, Rueil-Malmaison: Arnette; 2000. p. 13–82.
- [48] Vogelmann B, Craig WA. Kinetics of antimicrobial activity. *J Pediatr* 1986;108:835–40.
- [49] Hyatt JM, Mckinnon PS, Zimmer GS, Schentag JJ. The importance of pharmacokinetic/pharmacodynamic surrogate markers to outcome. Focus on antibacterial agents. *Clin Pharmacokinet* 1995;28:143–60.
- [50] Moore RD, Lietman PS, Smith CR. Clinical response to aminoglycoside therapy: importance of the ratio of peak concentration to minimal inhibitory concentration. *J Infect Dis* 1987;155:93–9.
- [51] Marik PE. Aminoglycoside volume of distribution and illness severity in clinically ill patients. *Anesth intensive Care* 1993;21:172–3.
- [52] Barza M, Ioannidis JP, Cappelleri JC, Lau J. Single or multiple daily doses of aminoglycosides: a meta-analysis. *BMJ* 1996;312:338–45.
- [53] Lipman J, Scribante J, Gous AG, Hon H, Tshukutsoane S, The Baragwanath Ciprofloxacin Study Group. Pharmacokinetics profiles of high dose intravenous ciprofloxacin in severe sepsis. *Antimicrob Agents Chemother* 1998;42:2235–9.
- [54] Thomas JK, Forrest A, Bhavnani SM, Hyatt JM, Cheng A, Ballow CH, et al. Pharmacodynamics evaluation of factor associated with the development of bacterial resistance in acutely ill patients during therapy. *Antimicrob Agents Chemother* 1998;42:521–7.
- [55] Schentag J. Pharmacokinetic and pharmacodynamic surrogate markers: studies with fluoroquinolones in patients. *Am J Health-Syst Pharm* 1999;56(Suppl. 3):S21–4.
- [56] Craig WA. Pharmacokinetics/pharmacodynamics parameters: rationale for antimicrobial dosing of men and mice. *Clin Infect Dis* 1998;26:1–12.
- [57] Manduru M, Mihm LB, White RL, Friedrich LW, Flume RA, Bosso JA. In vitro pharmacodynamics of ceftazidime against *P. aeruginosa* isolates from cystic fibrosis patients. *Antimicrob Agents Chemother* 1997;41:2053–6.
- [58] Wysocki M, Delatour F, Faurisson F, Rauss A, Pean Y, Misset B, et al. Continuous versus intermittent infusion of vancomycin in severe staphylococcal infections: prospective multicenter randomised study. *Antimicrob Agents Chemother* 2001;45:2460–7.
- [59] Garaffo R. Bases pharmacodynamiques de l'administration IV des bêta-lactamines par perfusion continue : optimisation de l'activité antibactérienne sur les bacilles à Gram-négatif. *Antibiotics* 2002;4:22–7.
- [60] Viaene E, Chanteux H, Servais H, Mingeot-Leclerc MP, Tulkens P. Comparative stability of antipseudomonal agents administration through portable elastomeric pumps (home therapy for cystic fibrosis patients) and motor operated syringes (intensive care units). *Antimicrob Agents Chemother* 2002;8:2327–32.
- [61] Swanson D, De Angelis C, Smith I, Schentag J. Degradation kinetics of imipenem in normal saline and in human serum. *Antimicrob Agents Chemother* 1986;5:936–7.
- [62] Scaglione F. Can PK/PD be used in everyday clinical practice. *Int J Antimicrob Agents* 2002;19:349–53.
- [63] Fridmott-Moller N. How predictive is PK/PD for antibacterial agents? *Int J Antimicrob Agents* 2002;19:333–9.
- [64] Carlet J, Tabah A. Antibiothérapie des états infectieux graves. *Med Mal Infect* 2006;36:299–303.
- [65] Bolmstrom A. Determination of minimum bactericidal concentrations, kill curves, and postantibiotic effects with the E-test technology. *Diagn Microbiol Infect Dis* 1994;19:187–95.
- [66] Griswold JA, Grube BJ, Engrav LH, Marvin JA, Heimbach DM. Determinants of donor sites infections in small burn grafts. *J Burn Care Rehabil* 1989;10:531–5.
- [67] Piel P, Scarnati S, Goldfarb W, Slater H. Antibiotics prophylaxis in patients undergoing burn wound excision. *J Burn Care Rehabil* 1985;6:422–4.
- [68] Recommandations pour la pratique de l'antibioprophylaxie en chirurgie. Actualisation 1999. *Ann Fr Anesth Reanim* 1999;18:fi 75–85.
- [69] Eagle H, Fleishman R, Levy M. Continuous VS "discontinuous" therapy with penicillin; the effect of the interval between injections on therapeutic efficacy. *N Engl J Med* 1953;12:481–8.
- [70] Craig W, Ebert S. Continuous infusion of beta-lactam antibiotics. *Antimicrob Agents Chemother* 1992;36:2577–83.
- [71] Mouton J, Vinks A. Is continuous infusion of beta lactam antibiotics worthwhile? Efficacy and pharmacokinetic considerations. *J Antimicrob Chemother* 1996;38:5–15.
- [72] Leder K, Turnidge J, Korman T, Grayson L. The clinical efficacy of continuous infusion flucloxacillin in serious staphylococcal sepsis. *J Antimicrob Chemother* 1999;43:113–8.
- [73] Roberts JA, Paratz J, Paratz E, Krueger WA, Lipman J. Continuous infusion of beta-lactam antibiotics in severe infections: a review of its role. *Int J Antimicrob Agents* 2007;30:11–8.
- [74] Lode H, Borner K, Koeppel P. Pharmacodynamics of fluoroquinolones. *CID* 1998;27:33–9.
- [75] Garrelts JC, Jost G, Kowalsky SF, Krol GJ, Lettieri JT. Ciprofloxacin pharmacokinetics in burn patients. *Antimicrob Agents Chemother* 1996;40:1153–6.
- [76] Johnson AP, Warren M, Livermore DM. Activity of linezolid against multi resistant Gram-positive bacteria from diverse hospitals in the UK. *J Antimicrob Chemother* 2000;45:225–30.
- [77] Whitehouse T, Cepeda JA, Shulman R, Aarons L, Nalda-Molina R, Tobin C, et al. Pharmacokinetic studies of linezolid and teicoplanin in the critically ill. *J Antimicrob Chemother* 2005;55:333–40.
- [78] Adembri C, Fallani S, Cassetta MI, Arrigucci S, et al. Linezolid pharmacokinetic–pharmacodynamic profile in critically ill septic patients: intermittent versus continuous infusion. *Int J Antimicrob Agents* 2008;31:122–9.
- [79] Vinsonneau C, Lovering AM, Stephanazzi J, Hovsepian L, Carsin H, Birraux G, et al. Altered pharmacokinetics of linezolid in patient with severe burn injuries. Spain: ECCMID Barcelona; 2008.