



Approches par PCR multiplex pour le diagnostic des colonisations ou infections par entérobactéries productrices de carbapénèmases



Dr Hélène PAILHORIES
Laboratoire de bactériologie-hygiène
CHU Angers

Figure 3. Évolution par mois du nombre d'épisodes impliquant des entérobactéries productrices de carbapénèmes en France signalés entre 2009 et 2015, selon la mise en évidence ou non d'un lien avec un pays étranger (N=2 376)

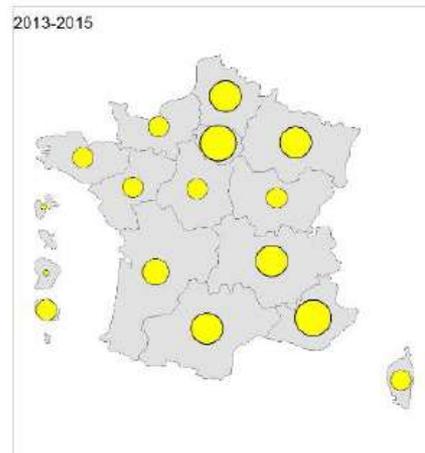
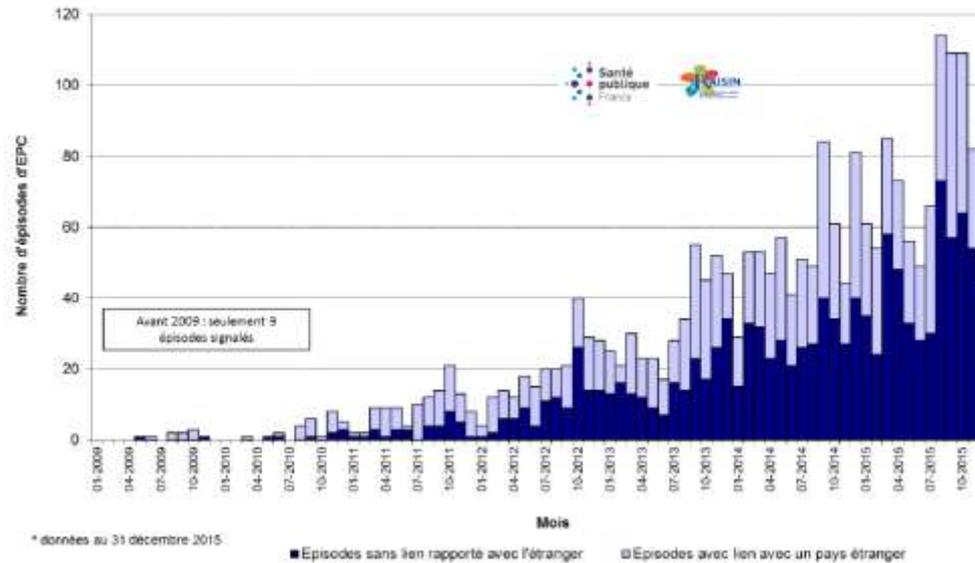


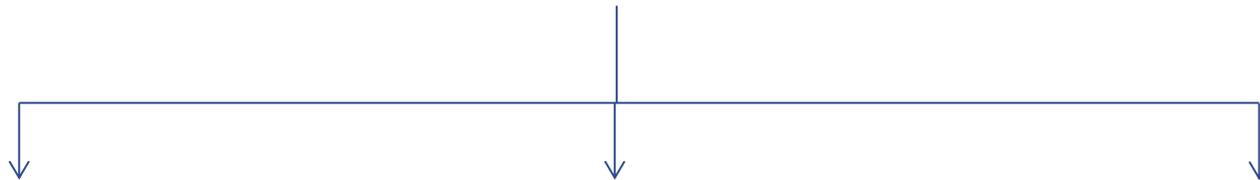
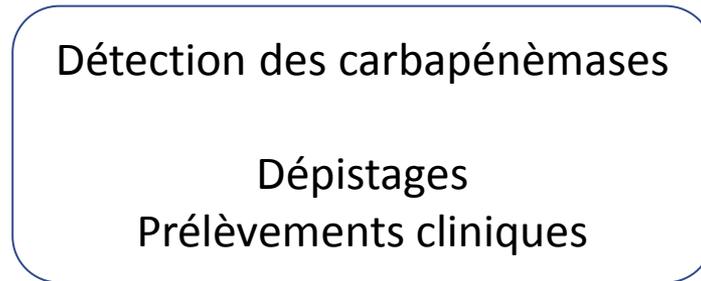
Tableau 2 : Nombre d'épisodes impliquant des entérobactéries productrices de carbapénèmes en France signalés à l'InVS entre janvier 2004 et le 4 septembre 2015, selon les mécanismes de résistance impliqués (N=2 026).

Mécanisme de résistance	Episodes dans lesquels le mécanisme est impliqué	
	Nb d'épisodes	% des épisodes
OXA-48 et OXA-48 like	1 572	78
NDM-1 ou NDM (sans précision)	287	14
KPC	117	6
VIM	95	5
IMI	9	<1
IMP	7	<1
GES-6	1	<1
Total des mécanismes	2 026*	**

* Deux mécanismes de résistance associés dans 63 épisodes

** Total supérieur à 100% car deux mécanismes de résistance associés dans 63 épisodes

Enjeu diagnostique



Prévention de la
dissémination

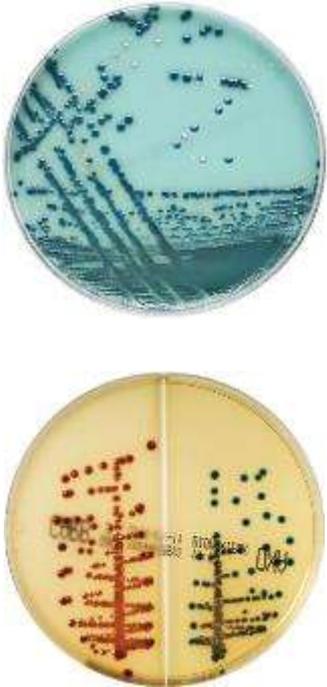
Diminution du délai
diagnostique

Prise en charge précoce
du patient – Traitement
optimal

Dépistage du portage rectal de carbapénèmases

Culture

Milieu sélectif chromogène



Identification



Diagnostic en 24 à 48h

Antibiogramme



Détection des carbapénèmases

- Biologie moléculaire
- Disques combinés
- Tests colorimétriques
- Tests immuno-chromatographiques
- Spectrométrie de Masse

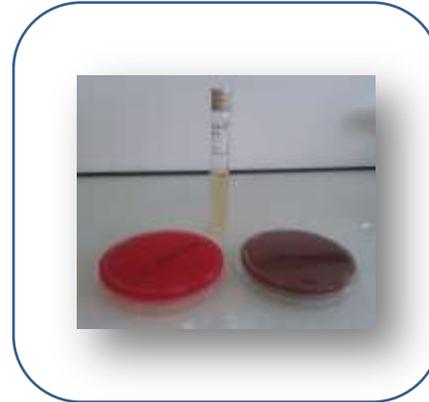
Carbapénèmase dans un prélèvement clinique

Prélèvement

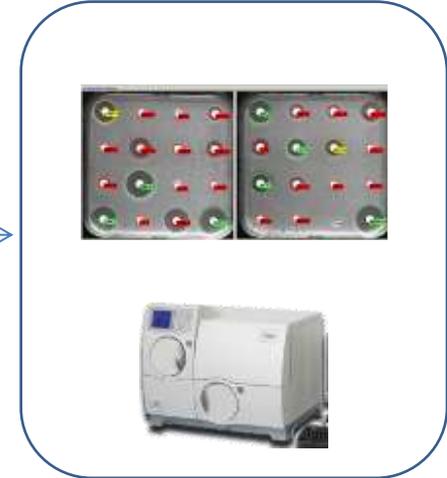


24h

Culture



Antibiogramme



Détection des carbapénèmases

Diagnostic en 48 à 72h

- Biologie moléculaire
- Tests immuno-chromatographiques
- Disques combinés
- Tests colorimétriques
- Spectrométrie de Masse

Suspicion carbapénèmase

Biologie moléculaire



Multiplexes automatisées
Direct sur écouvillon rectal

Gènes de carbapénèmases
Pas d'identification
d'espèces/genres



Biologie moléculaire



Multiplexes automatisées
Direct sur échantillon clinique

PCR identification
espèces/genre
Et gènes de carbapénèmases



Rapide +++
Pas de compétence de biologie
moléculaire nécessaire



GeneXpert® (Cepheid)

Test Xpert® Carba-R

- Test automatisé
- Test unitaire
- Rapide : moins d'une heure

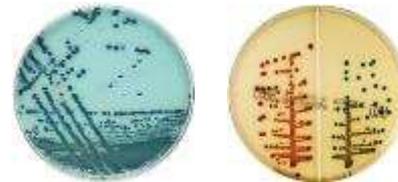
KPC
OXA-48
(+ variants OXA-181 et
OXA-232)
NDM
VIM
IMP-1



Direct
Ecouvillons rectaux



Indirect
Protocole
Colonies bactériennes

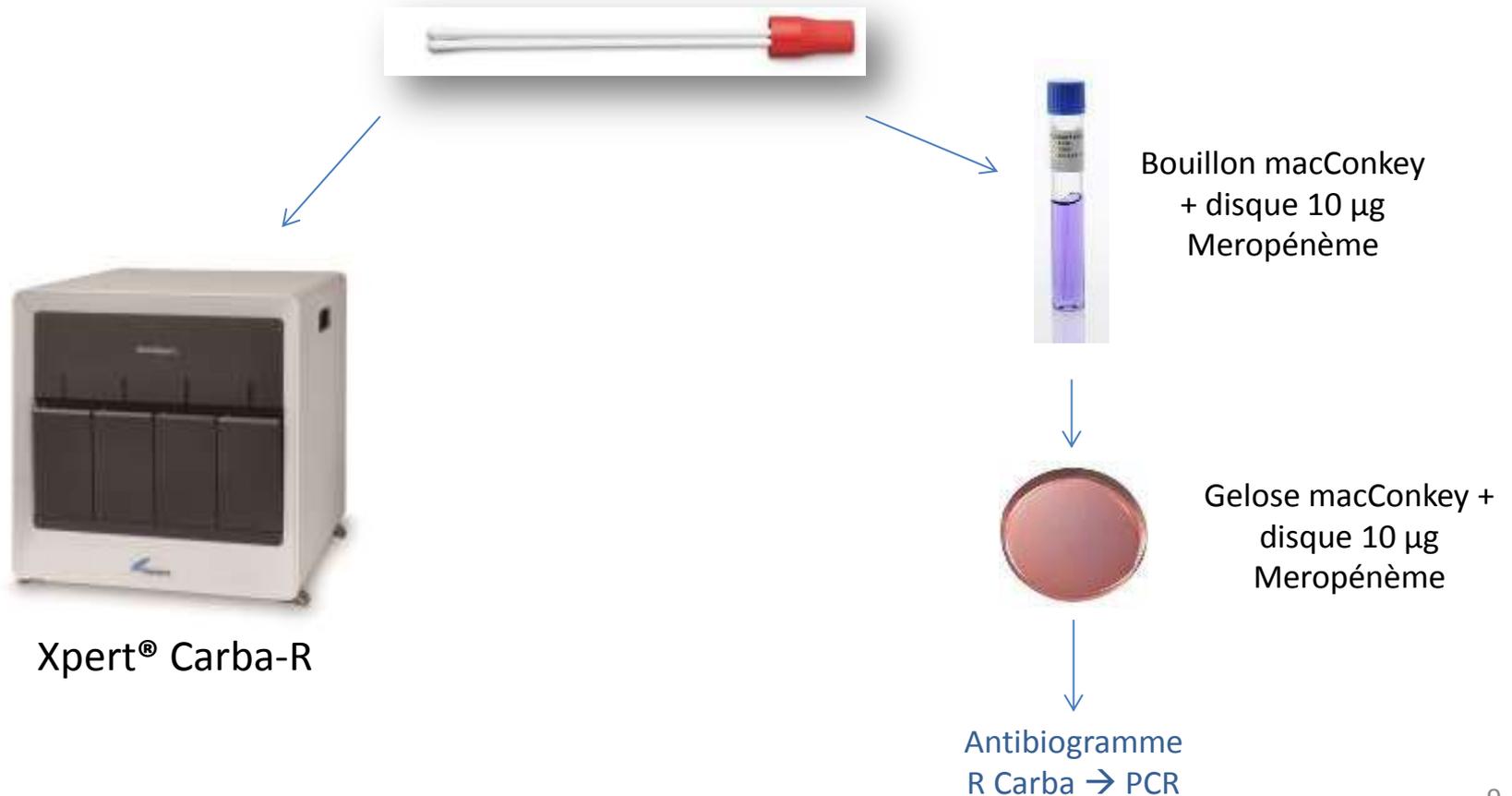


Souche	Limite de détection UFC/écouvillon
<i>Klebsiella pneumoniae</i> KPC NCTC 13438	348
<i>Enterobacter cloacae</i> KPC C8823	750
<i>Klebsiella pneumoniae</i> NDM ATCC BAA-2146	246
<i>Klebsiella pneumoniae</i> NDM C8658	306
<i>Escherichia coli</i> OXA-48 OM22	213
<i>Enterobacter cloacae</i> OXA-48 501	451
<i>Acinetobacter baumannii</i> IMP-1 695	1165
<i>Klebsiella pneumoniae</i> IMP-1 IMPBMI	258
<i>Klebsiella pneumoniae</i> VIM C8667	274
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> VIM C10107	118

Pour un IC > 95% (soit ≥ 19 essais/20 positifs)

Moore *et al.*, J Clin Microbiol 2017

- 1187 échantillons : 755 écouvillons rectaux en prospectif et 432 échantillons artificiels
- Etats-Unis, Espagne, Italie



487/1187 (41%) des échantillons avec au moins une cible positive

→ 8 avec des gènes de carbapénémases multiples

TABLE 2 Summary of the Xpert Carba-R performance for each carbapenemase target stratified by specimen type

Sample type (n)	Carbapenemase target	No. of samples ^a :				% of agreement (95% CI) ^b	
		TP	FP	TN	FN	PPA	NPA
Prospective (755) ^c	<i>bla</i> _{IMP}	0	1 ^d	754	0	NA	99.9 (99.3–100)
	<i>bla</i> _{KPC}	30	5 ^e	720	0	100 (88.4–100)	99.3 (98.4–99.8)
	<i>bla</i> _{NDM}	8	2 ^f	745	0	100 (67.6–100)	99.7 (99.0–99.9)
	<i>bla</i> _{OXA-48}	32	7 ^g	715	1	97.0 (84.2–99.9)	99.0 (98.0–99.6)
	<i>bla</i> _{VIM}	6	8 ^h	737	4	60 (31.3–83.2)	98.9 (97.9–99.5)
Contrived (432)	<i>bla</i> _{IMP}	76	0	352	4	95 (87.8–98)	100 (98.9–100)
	<i>bla</i> _{KPC}	80	0	352	0	100 (95.4–100)	100 (98.9–100)
	<i>bla</i> _{NDM}	80	0	352	0	100 (95.4–100)	100 (98.9–100)
	<i>bla</i> _{OXA-48}	79	0	352	1	98.8 (93.3–99.8)	100 (98.9–100)
	<i>bla</i> _{VIM}	81	0	350	1	98.8 (93.4–99.8)	100 (98.9–100)

- 11 discordants- Faux négatifs en GeneXpert®, positifs en culture (4 IMP-1, 2 OXA-48, 5 VIM)
- 25 échantillons positifs en GeneXpert® et négatifs en culture :
 - 7 vrais positifs, après confirmation par PCR utilisant des amorces alternatives et séquençage direct du bouillon MacConkey
 - 18 considérés comme faux-positifs

Hoyos-Mallecot *et al.*, Int J Antimicrob Agents 2017

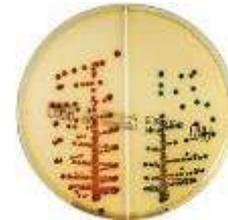
241 patients – Haut risque de portage d'EPC

Kit Xpert® Carba-R v2

bla_{KPC} , bla_{NDM} , bla_{VIM} , bla_{OXA-48} ,
 bla_{IMP-1}



Culture ChromID® CARBA SMART
(bioMérieux) direct et après
enrichissement en bouillon TSB avec
ertapénem (0,5 µg/mL)



Hoyos-Mallecot *et al.*, Int J Antimicrob Agents 2017

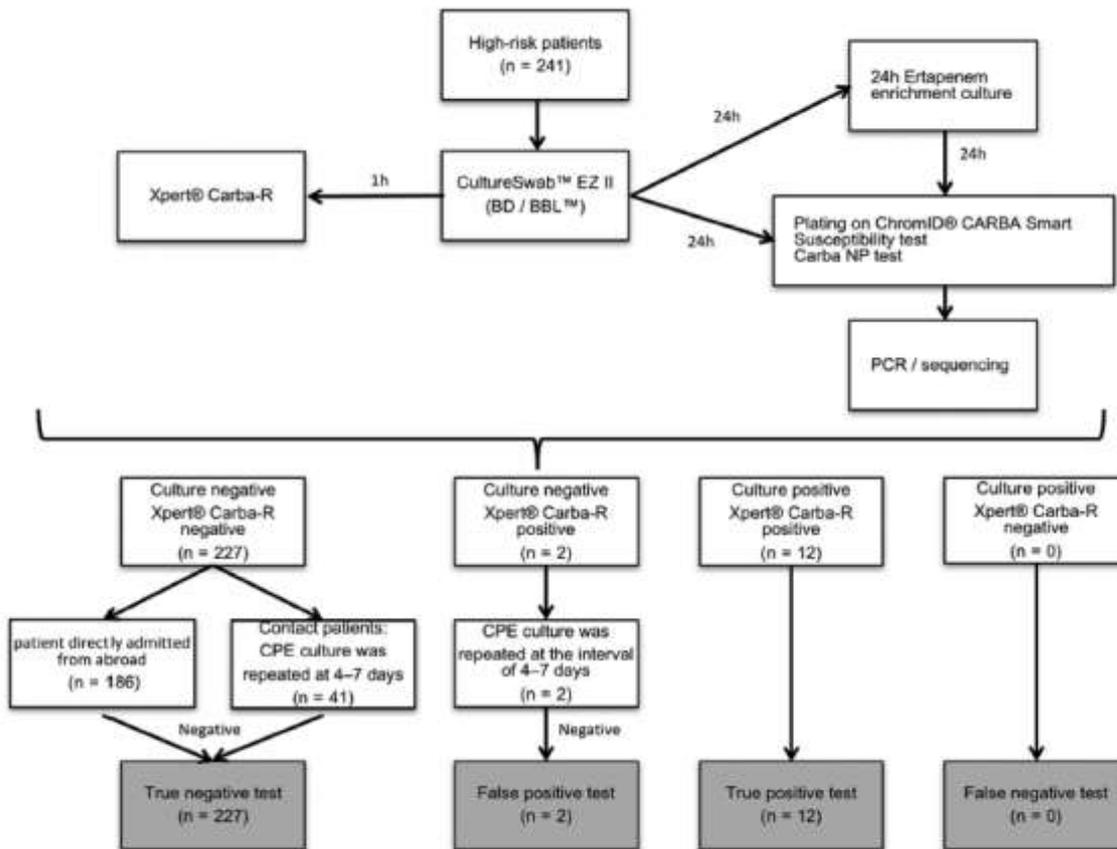
241 patients inclus → 14 tests positifs en GeneXpert®

Se : 100%

VPP : 85,71%

Sp : 99,13%

VPN : 100%



Patient	Xpert® Carba-R v2	Cultured CPE
1	OXA-48, VIM	<i>Klebsiella pneumoniae</i> OXA-48, <i>Enterobacter cloacae</i> OXA-48 + NDM-1
2	OXA-48	<i>K. pneumoniae</i> OXA-181
3	OXA-48	<i>Escherichia coli</i> OXA-48
4	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-48
5	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-48
6	OXA-48	<i>K. pneumoniae</i> OXA-48
7	KPC	<i>E. coli</i> KPC-3
8	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-48
9	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-48
10	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-181
11	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-204
12	OXA-48	<i>E. coli</i> OXA-48
13	OXA-48	None
14	OXA-48	None

Fig. 1. Culture and molecular processing of rectal swabs for carbapenemase-producing Enterobacteriaceae (CPE) detection.

Test moléculaire Eazyplex® SuperBug (Amplex)

- Rapidité +++ (15 à 30 minutes en fonction du type d'échantillon)
- Test unitaire
- Loop-mediated Isothermal amplification



Genie II® (Optigene)

Eazyplex Superbug® CRE	Eazyplex Superbug® Complete A	Eazyplex Superbug® Complete B
<i>bla</i> _{KPC}	<i>bla</i> _{KPC}	<i>bla</i> _{KPC}
<i>bla</i> _{NDM}	<i>bla</i> _{NDM}	<i>bla</i> _{NDM}
<i>bla</i> _{OXA-48}	<i>bla</i> _{OXA-48}	<i>bla</i> _{OXA-48}
<i>bla</i> _{VIM}	<i>bla</i> _{VIM}	<i>bla</i> _{VIM}
<i>bla</i> _{OXA-181}	<i>bla</i> _{OXA-23}	<i>bla</i> _{OXA-23}
<i>bla</i> _{CTX-M-1}	<i>bla</i> _{OXA-40}	<i>bla</i> _{OXA-40}
<i>bla</i> _{CTX-M-9}	<i>bla</i> _{OXA-58}	<i>bla</i> _{OXA-181}

Direct
Ecouvillons rectaux

Indirect
Colonies bactériennes

Eazyplex Superbug® CRE
Hémocultures positives
Urines

Evaluation of the eazyplex® SuperBug CRE system for rapid detection of carbapenemases and ESBLs in clinical Enterobacteriaceae isolates recovered at two Spanish hospitals

Sergio García-Fernández¹, María-Isabel Morosini^{1,2*}, Francesc Marco^{3,4}, Desirèe Gijón^{1,2}, Andrea Vergara^{3,4}, Jordi Vila^{3,4}, Patricia Ruiz-Garbajosa^{1,2} and Rafael Cantón^{1,2}

¹Servicio de Microbiología, Hospital Universitario Ramón y Cajal and Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS), Madrid, Spain; ²Red Española de Investigación en Patología Infecciosa, Madrid, Spain; ³Department of Clinical Microbiology, CDB, Hospital Clinic, School of Medicine, University of Barcelona, Barcelona, Spain; ⁴Barcelona Centre for International Health Research (CRESB), Barcelona, Spain

*Corresponding author. Tel: +34-91-3368330; E-mail: mariaisabel.morosini@salud.madrid.org

Received 29 July 2014; returned 25 September 2014; revised 27 October 2014; accepted 30 October 2014

- 94 souches productrices de carbapénèmases conservées (confirmées par PCR et Séquençage)
- 45 souches productrices de carabapénèmases collectées en parallèle en routine (diagnostic en parallèle par test kit ROSCO et séquençage)

100% de concordance sur les enzymes identifiées

Test moléculaire Check Direct CPE® (Check-Points)



- < 3 heures
- PCR temps réel multiplexe
- Extraction et amplification (LightCycler®, ABI Applied BioSystems®)

Ou sur BD Max®

- Tests en séries

KPC, OXA-48 like, VIM, NDM

Direct
Ecouillons rectaux

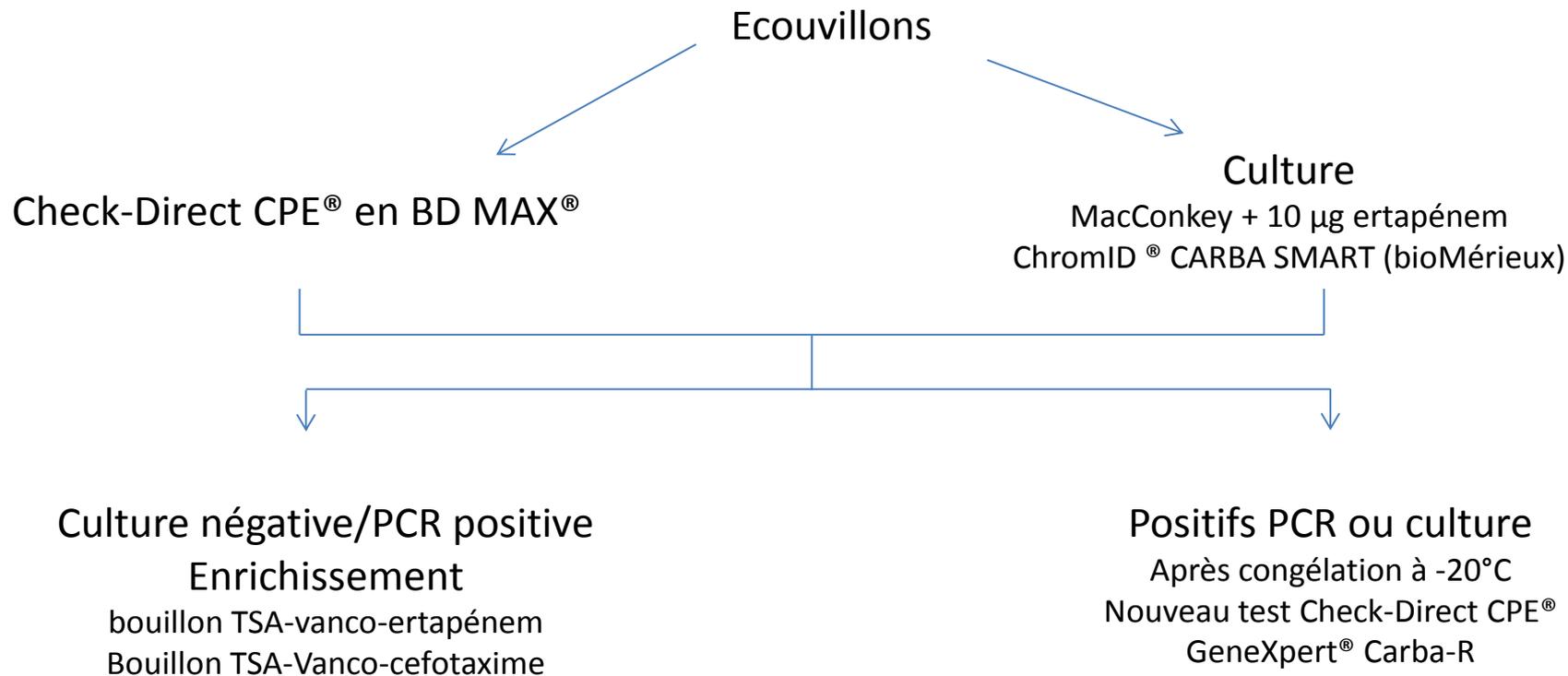
Indirect
Colonies bactériennes

Limite de
détection avec
écouvillons
rectaux

Cible	UFC par tampon échantillon BD Max®	Taux de réussite
KPC	116	100%
KPC	12	0%
VIM	104	100%
VIM	8	67%
OXA-48	176	100%
OXA-48	23	67%
NDM	119	100%
NDM	12	43%

Otter *et al.*, J Antimicrob Chemother 2016

Screening systématique des patients à l'admission



Otter *et al.*, J Antimicrob Chemother 2016

4006 patients inclus

Table 1. CPE: bacteria, carbapenemases and Ct values

Check-Direct (Ct)	GeneXpert (Ct)	Direct culture/PCR
OXA-48 (31.8)	OXA-48 (30.2)	<i>E. coli</i> OXA-48
OXA-48 (29.0)	OXA-48 (27.8)	<i>E. coli</i> OXA-48
NDM (23.1)	NDM (25.6)	<i>E. coli</i> NDM
Negative	OXA-48 (34.1)	<i>C. freundii</i> OXA-48
NDM (28.2)	NDM (28.2)	<i>E. coli</i> NDM
		<i>K. pneumoniae</i> OXA-48

- 4/6 EPC détectés par Check-Direct CPE® (0,1%)
- Culture : 5/6 - ChromID® CARBA SMART
1/6 – MacConkey
- 120 (3,0%) Non résolus initialement ayant nécessité 1 (117) ou 2 (2) ou 3 (1) repassages



76 patients (1,9%) positifs par
Check Direct CPE®
et négatifs en culture au moment
du prélèvement

Ct plus bas pour prélèvements culture
positifs (29,3 vs 41, p=0,012)

Stockage à -20°C
1 à 2 mois →

GeneXpert Carba-R®
Check Direct CPE®
2 sur 76 positifs

Cut-off modifié < 35 Ct

- Lau *et al.*, JCM 2015 – 301 écouvillons péirectaux, 43 positifs (15%) dont 34 « faux-positifs » discordants avec la culture sur milieu sélectif avec des Ct de 35,5 à 44,5
- Huang *et al.*, JCM 2015 – 38 échantillons positifs →
 - 17 avec culture positive (15,9 à 36,57 Ct)
 - 5 avec culture négative mais patients colonisés antérieurement (22,2 à 39,4 Ct)
 - 16 avec culture négative sans antécédents (26,2 à 39,5 Ct).

Comparaison de la limite de détection Check Direct CPE® versus Culture



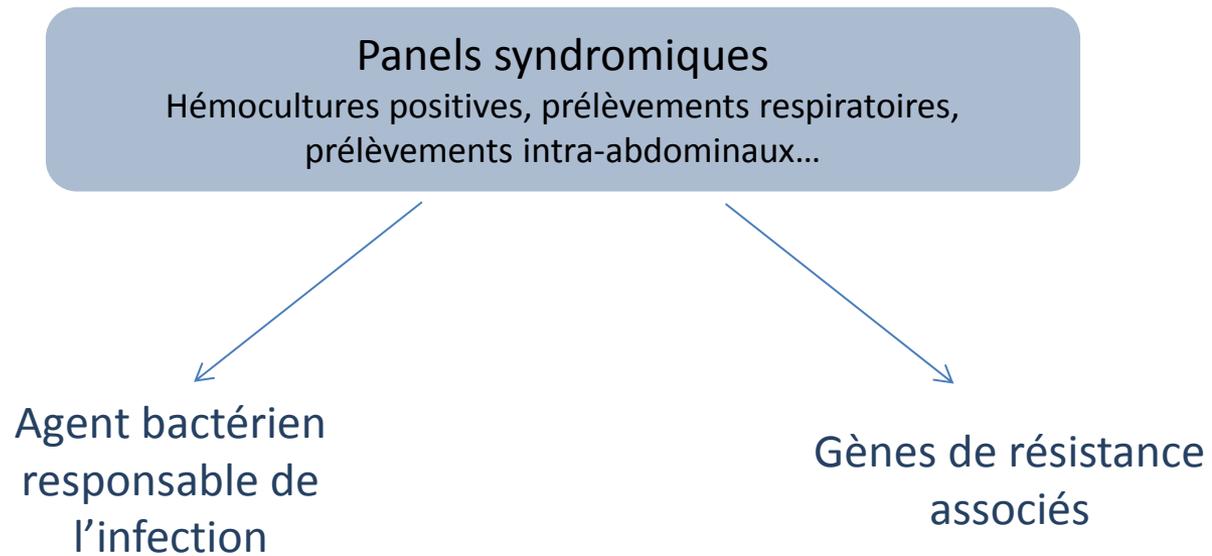
Clinical Performance of Check-Direct CPE, a Multiplex PCR for Direct Detection of *bla*_{KPC}, *bla*_{NDM} and/or *bla*_{VIM}, and *bla*_{OXA-48} from Perirectal Swabs

Anna F. Lau, Gary A. Fahle, Margaret A. Kemp, Agatha N. Jassem, John P. Dekker, Karen M. Frank
Microbiology Service, Department of Laboratory Medicine, Clinical Center, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA

Kit Check Direct CPE® avec extraction/amplification sur ABI 7500 (Applied Biosystems) versus culture sur milieu chromogène
Dilution en séries en TSB de souches de référence



- 7 isolats avec LoD équivalente en culture et en Check Direct CPE®
- 2 isolats pour lesquels la LoD du Check Direct CPE® est 10 fois inférieure
- 6 isolats pour lesquels la culture est plus sensible (jusqu'à 100 fois sur un isolat)



Détection des carbapénèmases dans les flacons d'hémocultures positifs



FilmArray® BCID Panel
Flacons d'hémocultures positifs
1h

Identification
bactérie + gène de
résistance associé

Bactéries Gram positif	Bactéries Gram négatif	Levures	Gènes de résistance
<i>Enterococcus</i>	<i>A. baumannii</i>	<i>C. albicans</i>	mec A
<i>L. monocytogenes</i>	Enterobacteriaceae	<i>C. glabrata</i>	van A/B
<i>Staphylococcus</i>	<i>E. cloacae complex</i>	<i>C. krusei</i>	KPC
<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. parapsilosis</i>	
<i>Streptococcus</i>	<i>K. oxytoca</i>	<i>C. tropicalis</i>	
<i>S. agalactiae</i>	<i>K. pneumoniae</i>		
<i>S. pneumoniae</i>	<i>Proteus</i>		
<i>S. pyogenes</i>	<i>S. marcescens</i>		
	<i>H. influenzae</i>		
	<i>N. meningitidis</i>		
	<i>P. aeruginosa</i>		

Salimnia *et al.*, J Clin Microbiol 2016

TABLE 6 Comparison of FilmArray BCID resistance gene results to the prespecified comparator assay (PCR/sequencing directly from blood culture bottle)

Antimicrobial resistance gene(s)	Isolates detected: BCID/comparator		No. of results: BCID/comparator				Sensitivity or PPA ^a :		Specificity or NPA ^a :	
	Clinical arm	Seeded arm	TP +/+	FP +/-	FN -/+	TN -/-	TP/(TP + FN) (%)	95% CI	TN/(TN + FP) (%)	95% CI
<i>mecA</i> in association with:										
All <i>Staphylococcus</i> isolates detected ^b	491/494	2/2	488	5	8	281	488/496 (98.4)	96.8–99.3	281/286 (98.3)	96.0–99.4
<i>Staphylococcus</i> and <i>S. aureus</i> isolates detected	137/139	0/0	137	0	2	118	137/139 (98.6)	94.9–99.8	118/118 (100)	96.9–100
<i>vanA/B</i> in association with <i>Enterococcus</i> isolates detected										
	36/36	28/28	64	0	0	67	64/64 (100) ^c	94.4–100	67/67 (100)	94.6–100
<i>bla</i> _{KPC} in association with <i>Enterobacteriaceae</i> and/or <i>A. baumannii</i> and/or <i>P. aeruginosa</i> isolates detected	6/6 ^d	33/33	39	0	0	558	39/39 (100) ^e	91.0–100	558/558 (100)	99.3–100

^a Sensitivity and specificity refer to performance with the prospective specimens only. PPA and NPA refer to performance with the seeded specimens. These are unresolved data.

^b Either *Staphylococcus* or *S. aureus* isolates detected or both.

^c Of the 64 *Enterococcus* isolates, 11 (17.2%) carried the *vanB* gene as determined by bidirectional sequence analysis.

^d All six isolates were identified as *K. pneumoniae*.

^e These isolates included 30 of *K. pneumoniae*, 2 of *E. cloacae*, and 1 of *E. coli*.

Détection des carbapénèmases dans les flacons d'hémocultures positifs

VERIGENE® Gram-negative blood culture test

(Luminex® Corp.)

2h



VERIGENE® BC-GN

Species

*Escherichia coli**

Klebsiella oxytoca

Klebsiella pneumoniae

Pseudomonas aeruginosa

Serratia marcescens

Genus

Acinetobacter spp.

Citrobacter spp.

Enterobacter spp.

Proteus spp.

Resistance

CTX-M (ESBL)

IMP (carbapenemase)

KPC (carbapenemase)

NDM (carbapenemase)

OXA (carbapenemase)

VIM (carbapenemase)

*BC-GN will not distinguish *Escherichia coli* from *Shigella* spp. (*S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii*, and *S. sonnei*)

Ledeboer *et al.*, J Clin Microbiol 2015

TABLE 3 Identification of genetic markers of resistance in monomicrobial cultures using BC-GN assay

Target	Specimen type	No. with result ^a :				Total no.	% (95% CI) for ^b :	
		TP	FP	TN	FN		PPA	NPA
<i>bla</i> _{CTX-M}	Fresh	45	0	657	1 ^c	703	97.8 (87–100)	100.0 (99–100)
	Frozen	28	0	733	1 ^c	762	96.6 (80–100)	100.0 (99–100)
	Simulated	108	0	226	0	334	100.0 (96–100)	100.0 (98–100)
	Total	181	0	1,616	2	1,799	98.9 (96–100)	100.0 (99–100)
<i>bla</i> _{KPC}	Fresh	2	0	701	0	703	100.0 (20–100)	100.0 (99–100)
	Frozen	1	0	761	0	762	100.0 (5–100)	100.0 (99–100)
	Simulated	50	0	284	0	334	100.0 (91–100)	100.0 (98–100)
	Total	53	0	1,746	0	1,799	100.0 (92–100)	100.0 (99–100)
<i>bla</i> _{NDM}	Fresh	1	0	702	0	703	100.0 (5–100)	100.0 (99–100)
	Frozen	0	0	762	0	762	ND	100.0 (99–100)
	Simulated	50	0	282	2 ^a	334	96.2 (86–100)	100.0 (98–100)
	Total	51	0	1,746	2	1,799	96.2 (86–100)	100.0 (99–100)
<i>bla</i> _{OXA}	Fresh	6	0	696	1 ^c	703	85.7 (42–99)	100.0 (99–100)
	Frozen	3	0	757	2 ^c	762	60.0 (17–93)	100.0 (99–100)
	Simulated	57	1 ^d	275	1 ^c	334	98.3 (90–100)	99.6 (98–100)
	Total	66	1	1,728	4	1,799	94.3 (85–98)	99.9 (99–100)
<i>bla</i> _{VIM}	Fresh	0	0	703	0	703	ND	100.0 (99–100)
	Frozen	0	0	762	0	762	ND	100.0 (99–100)
	Simulated	68	0	266	0	334	100.0 (93–100)	100.0 (98–100)
	Total	68	0	1,731	0	1,799	100.0 (93–100)	100.0 (99–100)
<i>bla</i> _{IMP}	Fresh	0	0	703	0	703	ND	100.0 (99–100)
	Frozen	0	0	762	0	762	ND	100.0 (99–100)
	Simulated	47	0	287	0	334	100.0 (91–100)	100.0 (98–100)
	Total	47	0	1,752	0	1,799	100.0 (91–100)	100.0% (99–100)

Hémocultures testées immédiatement et après congélation à -70°C
+ hémoculturesensemencées avec des souches de références

703 hémocultures collectées testées et 334 hémocultures reconstituées

Détection des carbapénèmes dans les flacons d'hémocultures positifs

Unyvero® (Curetis)



4 – 5h

GROUP	PATHOGEN	GENE	RESISTANCE AGAINST
Universal Bacteria			
		<i>aac(2)/aph(2')</i>	Aminoglycoside
		<i>emrA</i>	Macrolide/Lincosamide
		<i>macA</i>	Oxacillin
		<i>mecC (LGA251)</i>	Oxacillin
Gram-positive bacteria	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>vraA</i>	Vancomycin
	<i>Streptococcus agalactiae</i>	<i>vanE</i>	Vancomycin
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	<i>aacA</i>	Aminoglycoside
	<i>Streptococcus pyogenes/ dysgalactiae</i>	<i>ctr-M</i>	3rd generation Cephalosporin
	<i>Enterococcus spp.</i>	<i>lpc</i>	Carbapenem
	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>imp</i>	Carbapenem
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium spp.</i>	<i>ndm</i>	Carbapenem
	<i>Citrobacter freundii/rosei</i>	<i>oxa-23</i>	Carbapenem
	<i>Escherichia coli</i>	<i>oxa-24/40</i>	Carbapenem
	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	<i>oxa-48</i>	Carbapenem
	<i>Enterobacter aerogenes</i>	<i>oxa-58</i>	Carbapenem
	<i>Enterobacter aspergensis</i>	<i>vat</i>	Carbapenem
Enterobacteriaceae	<i>Klebsiella oxytoca</i>		
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
	<i>Klebsiella variicola</i>		
	<i>Proteus spp.</i>		
	<i>Serratia marcescens</i>		
Non-fermenting bacteria	<i>Acinetobacter baumannii complex</i>		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>		
other Gram-negative bacteria	<i>Haemophilus influenzae</i>		
	<i>Neisseria meningitidis</i>		
Anaerobic bacteria	<i>Propionibacterium acnes</i>		
Mycobacteriaceae	<i>Mycobacterium spp.</i>		
Fungi	<i>Aspergillus spp.</i>		
	<i>Candida spp.</i>		
	<i>Candida albicans</i>		
	<i>Candida dubliniensis</i>		
	<i>Candida glabrata</i>		
	<i>Candida lusitanae (C.krusel)</i>		
	<i>Candida parapsilosis</i>		
<i>Candida tropicalis</i>			

Détection des carbapénèmases dans prélèvements respiratoires, intra-abdo, tissulaires et ostéo-articulaires, infections urinaires

Respiratoire

GROUP	PATHOGEN	GENE	RESISTANCE AGAINST	
Gram-positive bacteria	<i>Staphylococcus aureus</i>	ermB	Macrolide/Lincosamide	
	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	meaI	Oxacillin	
Enterobacteriaceae	<i>Citrobacter freundii</i>	meaC (LGA251)	Oxacillin	
	<i>Escherichia coli</i>	tem	Penicillin	
	Enterobacter cloacae complex	shv	Penicillin	
	Enterobacter aerogenes	ctx-M	3rd generation Cephalosporins	
	Proteus spp.	kpc	Carbapenem	
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	imp	Carbapenem	
	<i>Klebsiella oxytoca</i>	ndm	Carbapenem	
	<i>Klebsiella variicola</i>	oxa-23	Carbapenem	
	<i>Serratia marcescens</i>	oxa-24/40	Carbapenem	
	<i>Morganella morganii</i>	oxa-48	Carbapenem	
	<i>Moraxella catarrhalis</i>	oxa-58	Carbapenem	
	Non-fermenting bacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	vim	Carbapenem
		Achromobacter baumannii complex	satI	Sulfonamide
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>		gyrA83	Fluoroquinolone	
<i>Legionella pneumophila</i>		gyrA87	Fluoroquinolone	
Others / Fungi	<i>Pneumocystis jirovecii</i>			
	<i>Haemophilus influenzae</i>			
	<i>Mycoplasma pneumoniae</i>			
	<i>Chlamydia pneumoniae</i>			

Intra-abdominal

GROUP	PATHOGEN	GENE	RESISTANCE AGAINST
Gram-positive bacteria	Universal Bacteria	meaA	Oxacillin
	Coagulase negative staphylococci (CONS)	meaC	Oxacillin
	<i>Enterococcus faecalis</i>	vanA	Vancomycin
	<i>Enterococcus spp.</i>	vanB	Vancomycin
	<i>Streptococcus spp.</i>	aac44	Aminoglycoside
	<i>Staphylococcus aureus</i>	ctx-M	3rd generation cephalosporins
		fosA3	Fosfomycin
		mic-1	Polypeptides/polymyxins
		nimA	Nitroimidazole
		nimB	Nitroimidazole
Anaerobic / facultative anaerobic bacteria	<i>Aeromonas spp.</i>	qnrA	Fluoroquinolone
	Bacteroides fragilis group	qnrB	Fluoroquinolone
	<i>Bacteroides spp. / Prevotella spp.</i>	qnrS	Fluoroquinolone
	<i>Clostridium difficile</i>	tetA	Tetracycline
	<i>Clostridium perfringens</i>	kpc	Carbapenem
	<i>Fragiella magna</i>	oxa-23	Carbapenem
	<i>Propionibacterium acnes</i>	oxa-24/40	Carbapenem
	<i>Escherichia coli</i>	oxa-48	Carbapenem
	Enterobacter aerogenes	oxa-58	Carbapenem
	Enterobacter cloacae complex	vim	Carbapenem
Enterobacteriaceae	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	imp	Carbapenem
	<i>Klebsiella oxytoca</i>	ndm	Carbapenem
	<i>Klebsiella variicola</i>	satI	Sulfonamide
	<i>Proteus spp.</i>	gyrA83	Fluoroquinolone
Non-fermenting bacteria	Achromobacter baumannii complex	satI	Sulfonamide
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	vim	Carbapenem
Fungi	<i>Candida spp.</i>		
	<i>Candida albicans</i>		
	<i>Candida glabrata</i>		
	<i>Candida tropicalis</i>		
	<i>Issatchenkia orientalis (Candida krusei)</i>		
		TOXIN MARKER	TOXIN
		rtxB	Toxin B
		stx1/2	Shiga Toxin

Avantages

- Rapidité
- Facilité de mise en œuvre
- Détection de gènes de carbapénèmases avec une expression phénotypique associée à un bas niveau de résistance → Risques de non détection en culture

Inconvénients

- Détection uniquement des gènes recherchés (nombre de cibles limités)
- Coût élevé
- Interprétation des résultats discordants, culture négative

Indications

Diagnostic culture → nécessaire
Combinaison cultures et méthodes moléculaires

Merci de votre attention