

Infections à *Bacillus cereus* chez le nouveau-né prématuré : ce que dit le génome bactérien sur la sévérité clinique

Raymond RUIMY

Laboratoire de Bactériologie

Hôpital Archet2, CHU Nice



CENTRE MÉDITERRANÉEN
DE MÉDECINE
MOLECULAIRE (C3M)

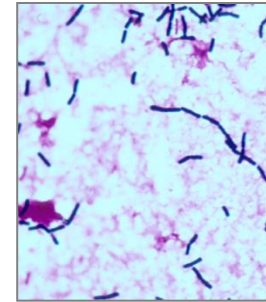
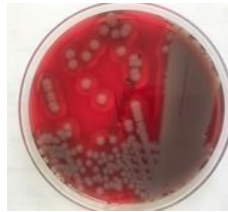
Groupe de Pathologie Infectieuse Pédiatrique

41^{ème} Journée Annuelle – 27 MARS 2026

Caractéristiques de *B. cereus*

○ *B. cereus* :

- Bacille à Gram positif, **non exigeant**, mobile
- **Réservoir environnemental**
- Bêta-hémolyse sur gélose au sang



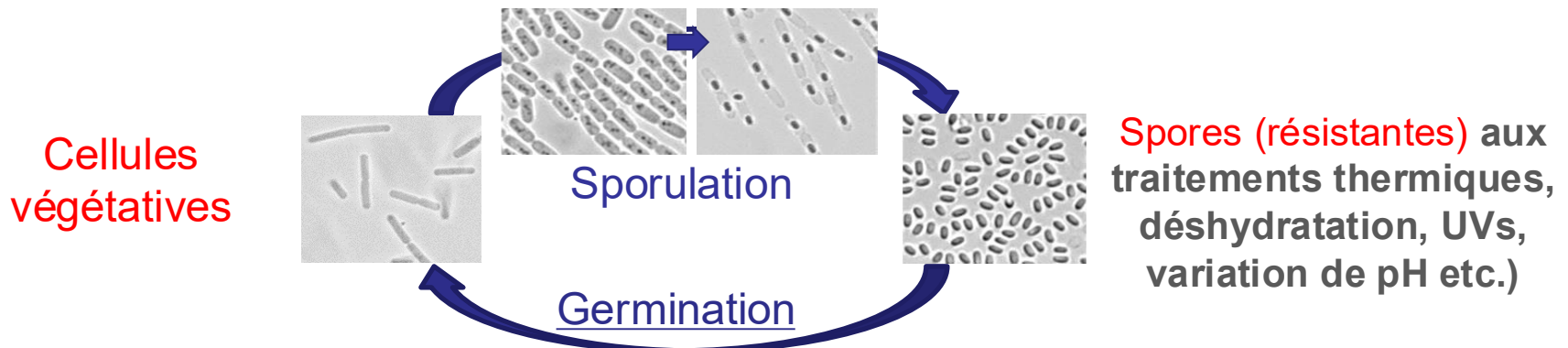
Gram sur hémoculture, x100



Gram d'endospores

➔ Capables de **sporuler** sous l'effet de différents stress

Stress / carence nutritive

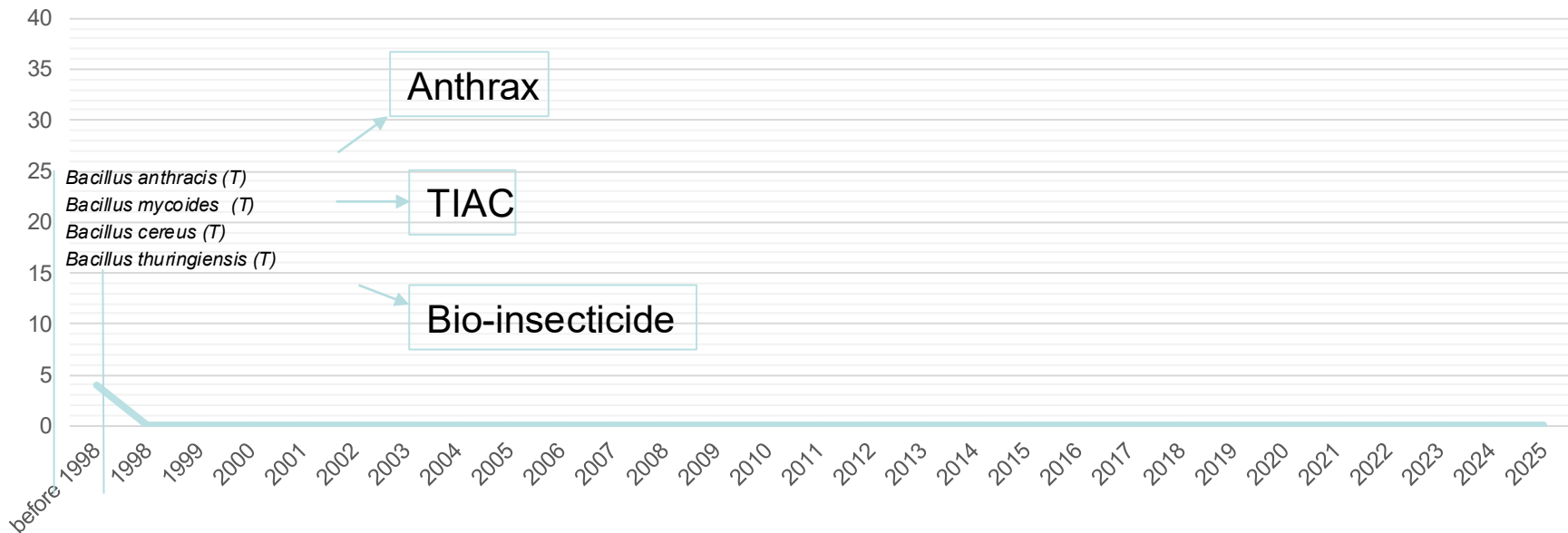


Environnement favorable / disponibilité en nutriments

Bacillus cereus est un complexe d'espèces

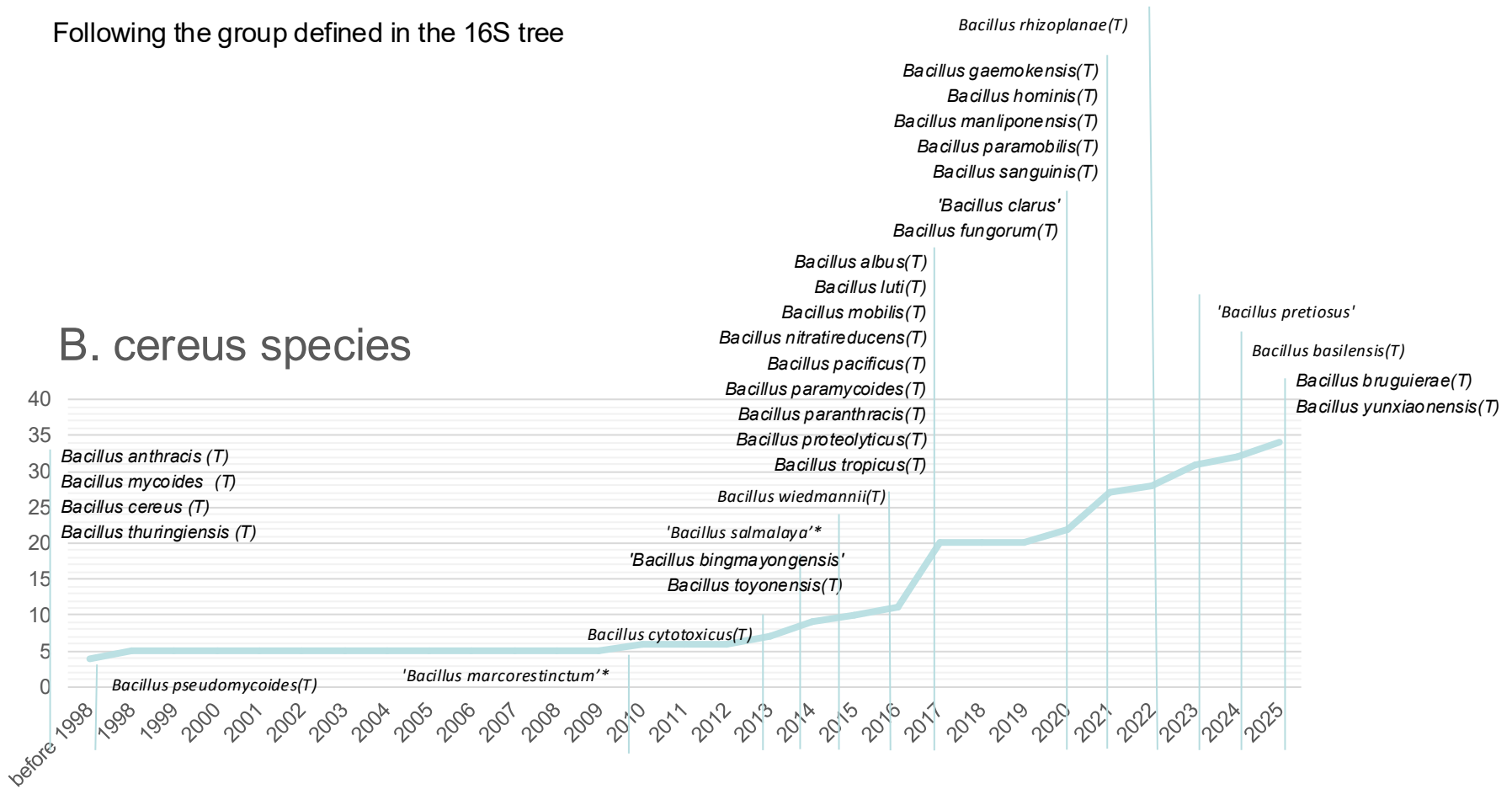
Following the group defined in the 16S tree

B. cereus species



Bacillus cereus est un complexe d'espèces

Following the group defined in the 16S tree



* Whole genomes not available

Phylogénie des espèces composant le complexe d'espèces du groupe *B. cereus* basé sur **MLST**

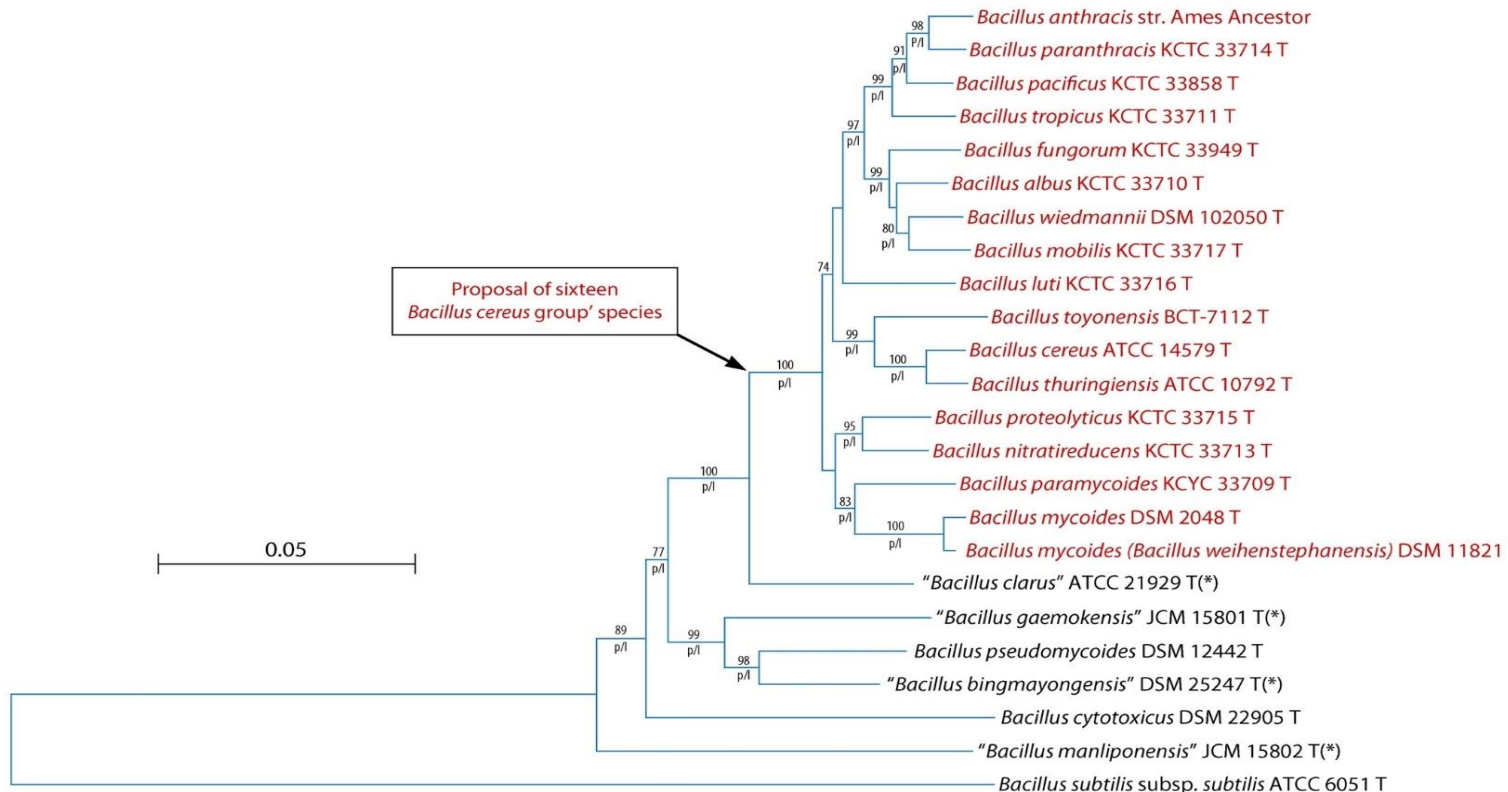


FIG 1 Phylogenetic relationships between the species of the *Bacillus cereus* group with *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* used as the outgroup. The tree was obtained by the neighbor-joining method based on a comparison of the concatenated sequences of seven housekeeping genes (*glpF*, *gmk*, *ilvD*, *pta*, *pur*, *pycA*, *tpi*). The Kimura two-parameter distance measure was used as implemented in MEGA X (28). Values above the lines indicate how the tree's branches are supported by the results of bootstrap analysis ($\times 100$ replicates) (only values greater than 70% are shown). The letters "p" and "l" under the lines indicate branches that were also found by the maximum parsimony method and maximum likelihood method, respectively (28). Scale bar, accumulated changes per nucleotide. Asterisks indicate species published but not yet validated.

Identification des espèces du groupe *B. cereus*

- **Spectrométrie de masse MALDI-TOF**


⇒ Espèce identifiée : *Bacillus cereus sensu lato* : ne peut identifier les espèces



- **Apport du séquençage génome complet : caractérisation des espèces responsables d'infection**

Characterization of *Bacillus cereus* Group Isolates From Human Bacteremia by Whole-Genome Sequencing
Bianco et al.

ORIGINAL RESEARCH
published: 12 January 2021
doi: 10.3389/fmicb.2020.599524



17 patients, hémocultures
***B. cereus sensu stricto* (12) et *B. thuringiensis* (5) (Ø cry)**
MLST : 7 ST ≠

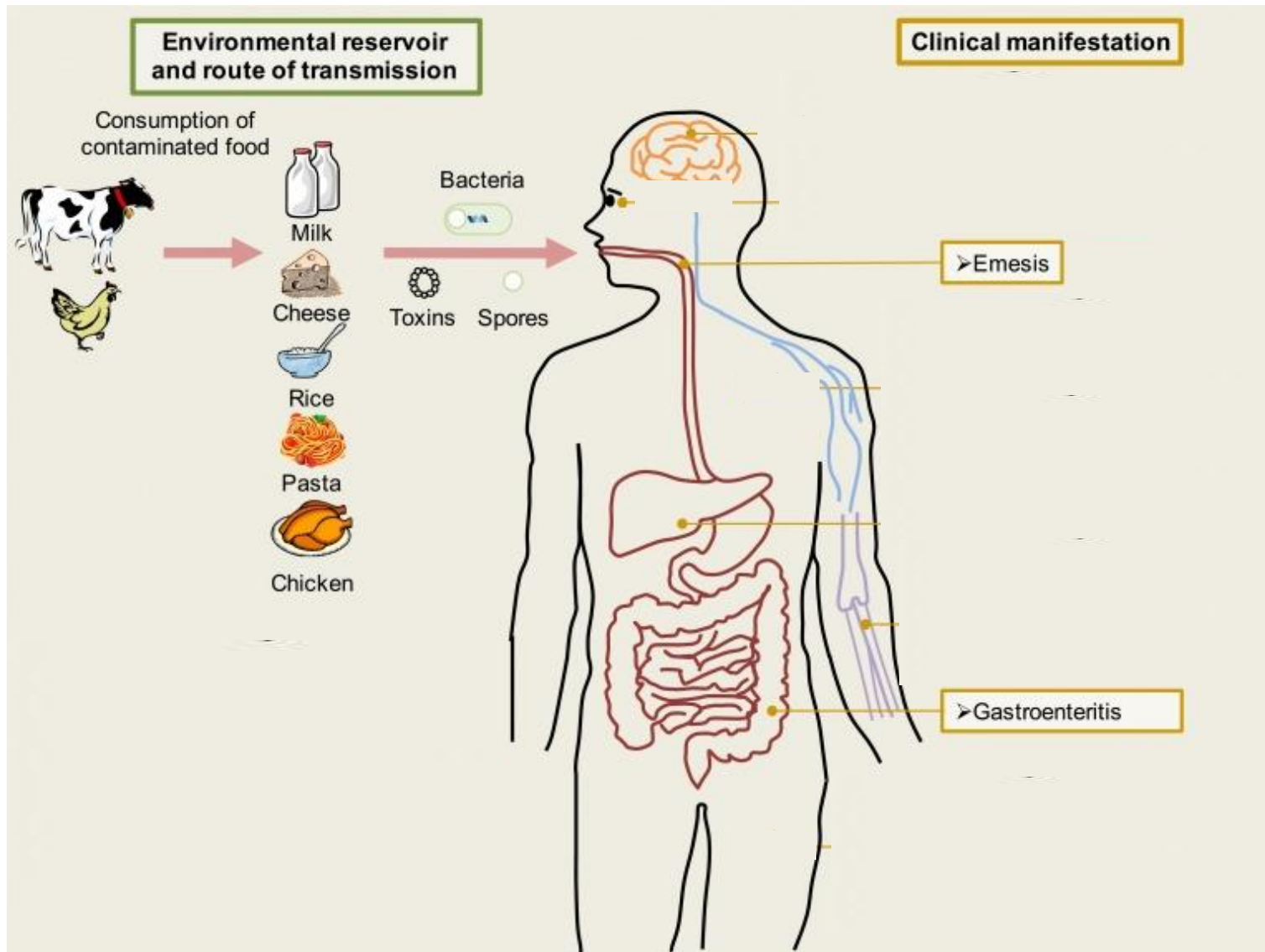
Characterization of Emetic and Diarrheal *Bacillus cereus* Strains From a 2016 Foodborne Outbreak Using Whole-Genome Sequencing: Addressing the Microbiological, Epidemiological, and Bioinformatic Challenges
Carroll et al.

ORIGINAL RESEARCH
published: 12 February 2019
doi: 10.3389/fmicb.2019.00144



TIAC, 33 souches (7 patients + 26 aliments)
***B. cereus sensu stricto* et *B. paranthracis* (ST26)**

Infections humaines invasives à *Bacillus cereus*



1) *B. cereus* pathogènes émergents

Toxi-infections alimentaires (TIAC) à *Bc*

Intoxination

- **Danger** = ingestion de **toxine émétique produite dans l'aliment, le cereulide** (+isocereulides)
- **Symptômes** = **nausées, vomissements ++** Jusqu'à la défaillance des organes. Plusieurs cas d'issue fatale
- **Incubation** : ~ 30 min à 6 heures
- Principalement *Bc* gp III associés à des matrices alimentaires amylicées



Intoxication

- **Danger** = **ingestion des bactéries + production des toxines *in vivo*** :
Hbl, Nhe, Cyt K1/2 etc...
- **Symptômes** = **diarrhées, douleurs abdominales, nausées vomissements**
- **Incubation** : ~ 6 à 24 heures
- Différentes espèces ou groupes concernés,

1) *B. cereus* pathogènes émergents

Toxi-infections alimentaires (TIAC) à *Bc*

Intoxination

- **Danger** = ingestion de **toxine émétique produite dans l'aliment, le cereulide** (+isocereulides)
- **Symptômes** = **nausées, vomissements ++** Jusqu'à la défaillance des organes. Plusieurs cas d'issue fatale
- **Incubation** : ~ 30 min à 6 heures
- Principalement *Bc* gp III associés à des matrices alimentaires amylicées

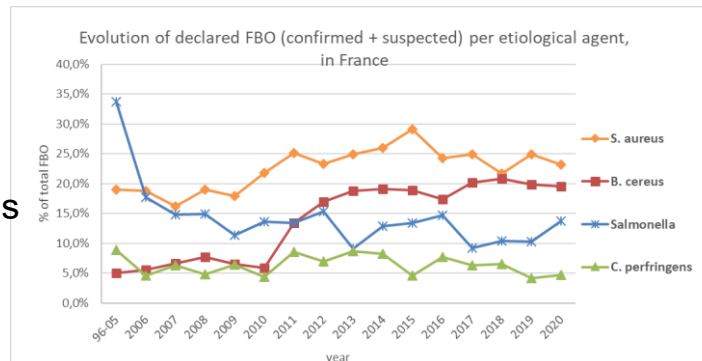


Intoxication

- **Danger** = ingestion des bactéries + production des toxines *in vivo* : **Hbl, Nhe, Cyt K1/2 etc...**
- **Symptômes** = **diarrhées, douleurs abdominales, nausées vomissements**
- **Incubation** : ~ 6 à 24 heures
- Différentes espèces ou groupes concernés,

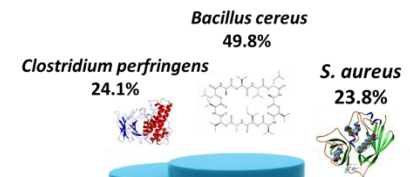
En France :

- 2^{ème} cause de TIAC bactériennes (Santé Publique France 2019)
- Augmentation des épisodes déclarés depuis 2010 : x 4 (2010 → 2014)

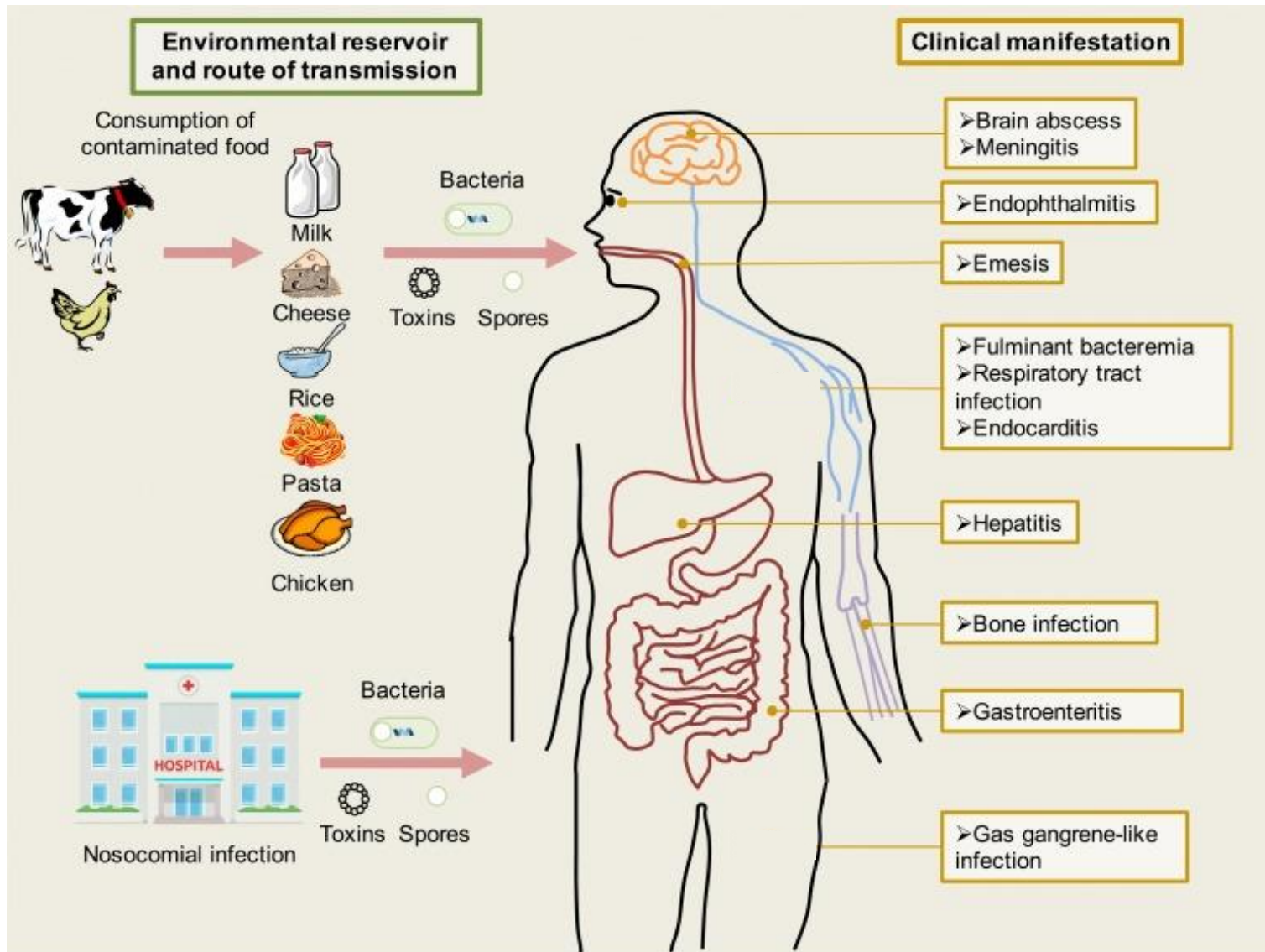


En Europe :

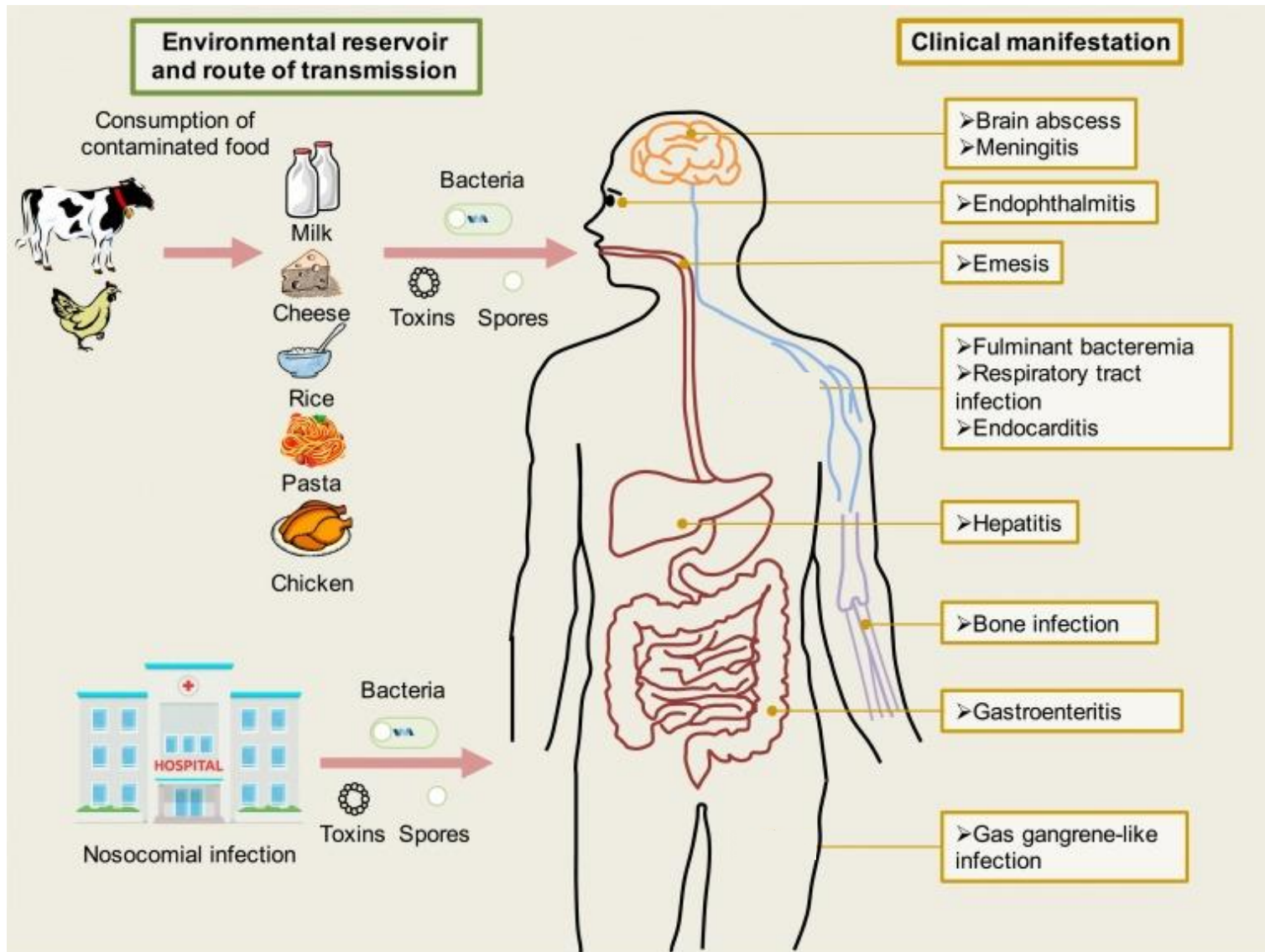
- 1^{ère} cause de TIAC causée par des toxines bactériennes
- (EFSA Journal 2021)



Types d'Infections humaines invasives à *Bacillus cereus*



Types d'Infections humaines invasives à *Bacillus cereus*



infections invasives à *Bacillus* du groupe *cereus* dépend du terrain immunitaire

- Très rares chez les patients immunocompétents : post opératoire, fractures ouvertes (pluri-bactérien)
- Patients immunodéprimés :
Cancer, traitement immunosuppresseur
- Nouveau-nés prématurés (<37SA)

infections invasives à *Bacillus* du groupe *cereus* dépend du terrain immunitaire

- Très rares chez les patients immunocompétents : post opératoire, fractures ouvertes (pluri-bactérien)
- Patients immunodéprimés :
Cancer, traitement immunosuppresseur
- Nouveau-nés prématurés (<37SA)

Diagnostic de l'infection

Local = Au site opératoire

Invasif = Hémoculture ou LCR

B. cereus contaminant des hémocultures ?

TABLE 2. False-positive rates for organisms that frequently represent contamination

Organism(s)	Source			
	1,585 blood culture-positive episodes from 3 U.S. hospitals ^a		497,134 blood cultures from 640 U.S. institutions ^b	
	% of all positive cultures (n = 1,585)	Contamination rate (%)	% of all positive cultures	Contamination rate (%)
Coagulase-negative staphylococci	44.3	82	Not reported	62–63
<i>Corynebacterium</i> spp. (other than <i>C. jeikeium</i>)	33.4	96	Not reported	68–78
<i>Bacillus</i> spp.	0.8	91.7	Not reported	68–70 (other than <i>B. anthracis</i>)
<i>Propionibacterium acnes</i>	3.0	100	Not reported	84–85
Viridans group streptococci	4.5	49.3	Not reported	32–33
<i>Clostridium perfringens</i>	0.8	76.9	Not reported	Not reported

^a Data are from reference 155.

^b Data are from reference 113.

infections invasives à *Bacillus* du groupe *cereus* dépend du terrain immunitaire

- Très rares chez les patients immunocompétents : post opératoire, fractures ouvertes (pluribactérien)
- Patients immunodéprimés :
Cancer, traitement immunosuppresseur
- Nouveau-nés prématurés (<37SA)

Diagnostic de l'infection

Local = Au site opératoire

Invasif = Hémoculture ou LCR

Revue de la littérature des Infections Nouveau-nés prématurés

Bacillus cereus Invasive Infections in Preterm Neonates: an Up-to-Date Review of the Literature



AMERICAN
SOCIETY FOR
MICROBIOLOGY

Clinical Microbiology
Reviews®

© Romain Lotte,^{a,b,c} Alicia Chevalier,^a Laurent Boyer,^c © Raymond Ruimy^{a,b,c}

- Janvier 1977 - Janvier 2021 :
 - 145 cas d'infections chez 106 nouveau-nés
 - 31% de mortalité (33/106)

TABLE 3 Type of infection due to *B. cereus* in neonates

Type of infection	No. (%) of cases (n = 145)	Source(s) of positive clinical specimens ^d
Bacteremia	69 (48)	Blood culture
CNS infection	36 (25)	
Meningitis, meningoencephalitis	23 (16)	CSF, meninges, brain tissue
Brain abscesses, empyema, or necrosis	13 (9)	Brain tissue, necrosis
Respiratory infection	18 (12)	
Pneumonia	11 (8)	Tracheal aspiration, pleural fluid, lung tissue
Pulmonary abscesses or necrosis	6 (4)	Lung tissue, pleural fluid
Tracheobronchitis	1 (0.7)	NA
Cutaneous infection	13 (9)	Skin, armpit, umbilical cord stump swab
Gastrointestinal infection	6 (4)	
Digestive tract	5 (3.5)	Gastric fluid, stomach tube feeding, sample from abdominal cavity
Liver	1 (0.7)	NA
Osteoarticular infection	2 (1)	
Arthritis	1 (0.7)	Synovial fluid
Osteitis	1 (0.7)	Bone, bone marrow
Kidney and urinary infection	1 (1)	NA

^dCSF, cerebrospinal fluid; NA, not available.

Revue de la littérature des Infections Nouveau-nés prématurés

Bacillus cereus Invasive Infections in Preterm Neonates: an Up-to-Date Review of the Literature



AMERICAN
SOCIETY FOR
MICROBIOLOGY

Clinical Microbiology
Reviews®

Romain Lotte,^{a,b,c} Alicia Chevalier,^a Laurent Boyer,^c Raymond Ruimy^{a,b,c}

TABLE 3 Type of infection due to *B. cereus* in neonates

Type of infection	No. (%) of cases (n = 145)	Source(s) of positive clinical specimens ^d
Bacteremia	69 (48)	Blood culture
CNS infection	36 (25)	
Meningitis, meningoencephalitis	23 (16)	CSF, meninges, brain tissue
Brain abscesses, empyema, or necrosis	13 (9)	Brain tissue, necrosis
Respiratory infection	18 (12)	
Pneumonia	11 (8)	Tracheal aspiration, pleural fluid, lung tissue
Pulmonary abscesses or necrosis	6 (4)	Lung tissue, pleural fluid
Tracheobronchitis	1 (0.7)	NA
Cutaneous infection	13 (9)	Skin, armpit, umbilical cord stump swab
Gastrointestinal infection	6 (4)	
Digestive tract	5 (3.5)	Gastric fluid, stomach tube feeding, sample from abdominal cavity
Liver	1 (0.7)	NA
Osteoarticular infection	2 (1)	
Arthritis	1 (0.7)	Synovial fluid
Osteitis	1 (0.7)	Bone, bone marrow
Kidney and urinary infection	1 (1)	NA

⇒ 81% de NNP

Prématurité moyenne = 30 SA

Poids de naissance moyen = 1392g

⇒ Sporadique ou épidémique

⇒ Sepsis (72%), Choc septique (22%)

^dCSF, cerebrospinal fluid; NA, not available.

infections invasives à *Bacillus* du groupe *cereus* dépend du terrain immunitaire

- Très rares chez les patients immunocompétents : post opératoire, fractures ouvertes (pluribactérien)
- Patients immunodéprimés :
Cancer, traitement immunosuppresseur
- **Nouveau-nés prématurés (<37SA)**

Diagnostic de l'infection

Local = Au site opératoire

Invasif = Hémoculture ou LCR

Pathogénicité des *Bacillus* du groupe *cereus* chez les NNP

o Nice en 2013 :

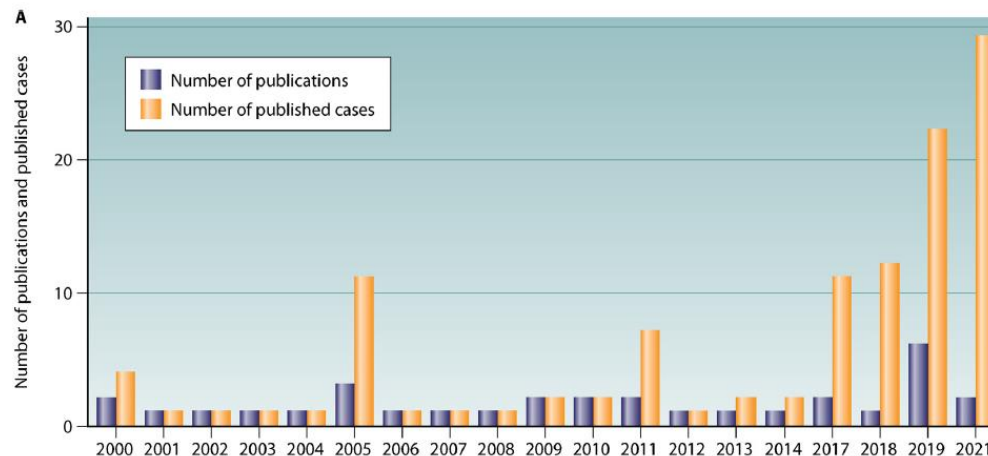
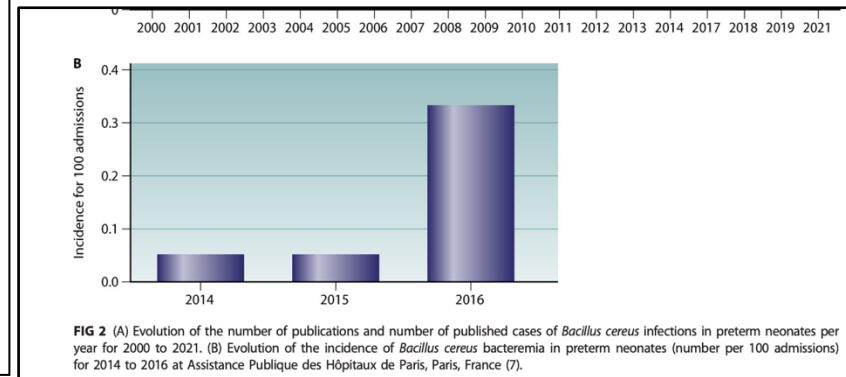
- Infections invasives chez 2 NNP décédés

Virulence analysis of Bacillus cereus isolated after death of preterm neonates, EID, 2017, Lotte R et al.

o AP-HP en 2016 :

- 9 cas de bactériémies chez des NNP
- 30% de mortalité

Bacillus cereus bacteremia in neonatal resuscitation at AH-HP (France) in 2016, BEH, 2018, Fournier et al.



Questions à propos des infections invasives

- 1) Y-a-t-il des espèces ou des clones plus virulents pouvant expliquer infections invasives chez les **chez les NNP** ?
- 2) **Si oui**, y-a-t-il des gènes de virulence qui sont associés à la gravité ?

Matériels et Méthodes I

- **Collection nationale multicentrique rétrospective**
 - Souches isolées de prélèvements cliniques réalisés **entre 2010 et 2022**



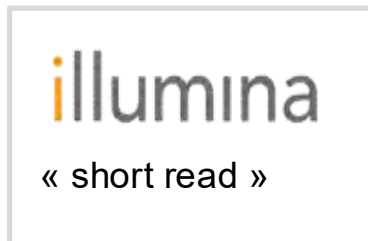
Sélection des souches responsables **d'INFECTIONS**



Sélection des souches responsables **d'INFECTIONS INVASIVES CHEZ LE NNP**
Récupération des données cliniques

- **Identification des espèces par Whole Genome Sequencing**

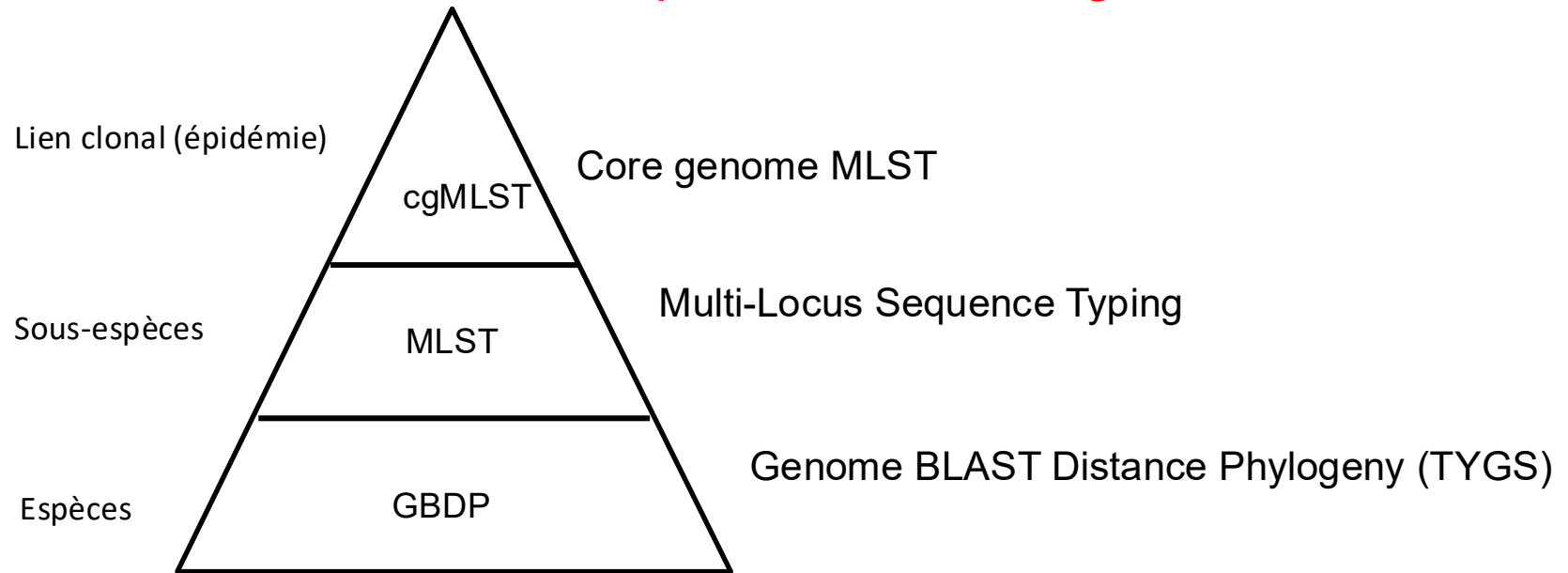
par 2 approches complémentaires (Pipeline pour hybride)



+ Bioinformaticien

Matériels et Méthodes II

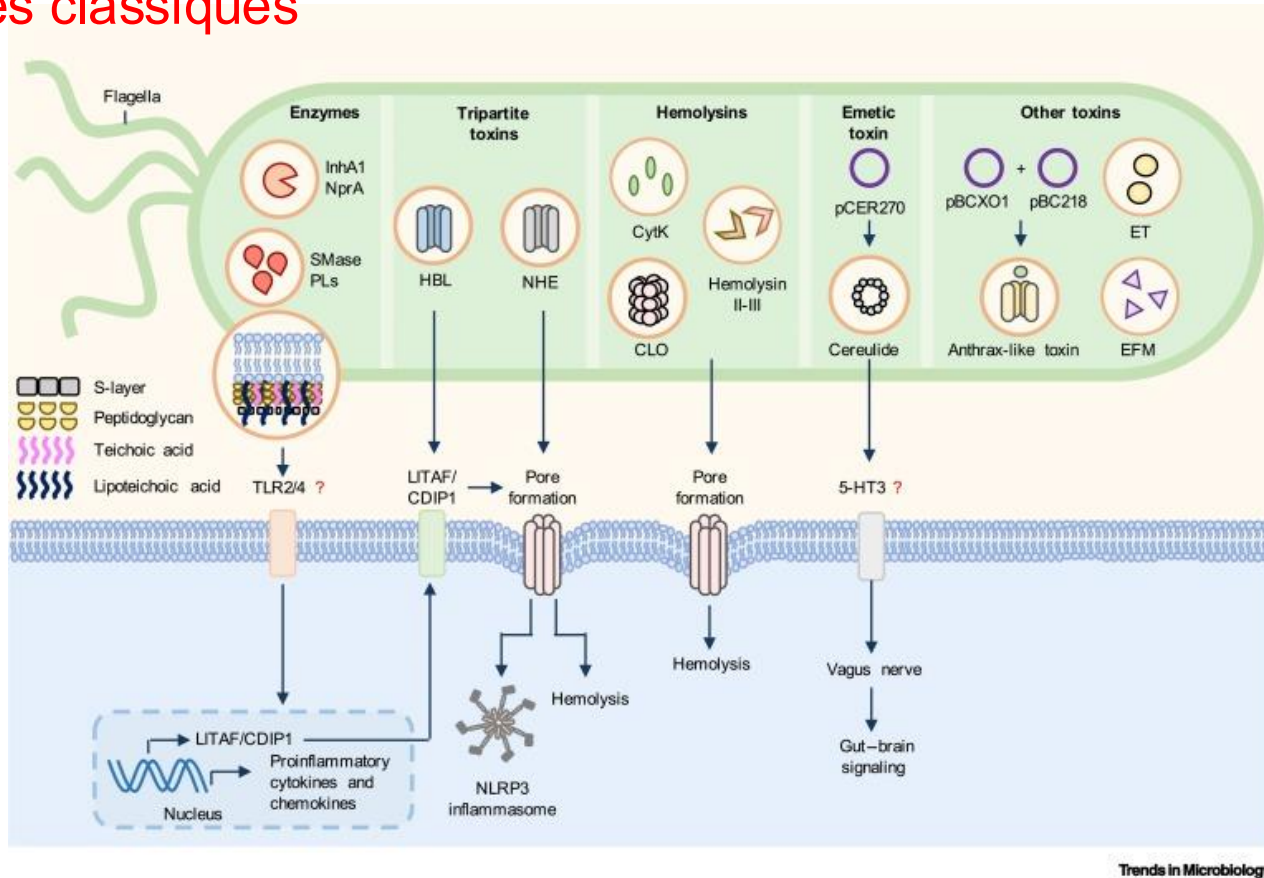
- Etude clonale des souches par MLST, core-genome MLST



- Etude du contenu des gènes de virulence pour rechercher lien entre espèce, gènes de virulence et évolution clinique

gènes de virulence recherchés

I / Gènes classiques



II / Gènes plus récents

ilsa = Iron-regulated surface protein

asbA, *asbB*, *asbC*, *asbD*, *asbE*, *asbF* : Petrobactin siderophore

essC, *esxC* = Système de secretion de type VII

Inclusions de 40 NNP

- Critères d'inclusions au **moment de Hémoculture ou LCS positif** :
- NNP (<37SA) hospitalisé en réanimation néonatale avec au moins **> 1 des critères**
 - Syndrome biologique inflammatoire (CRP)
 - Signes respiratoires (apnée, syndrome de détresse respiratoire)
 - Circulatoire ou signes neurologiques
 - Hypo ou hyperthermie

Antibiothérapie (Vancomycine ou Imipénème)

- Dossier revue par des Néonatalogistes

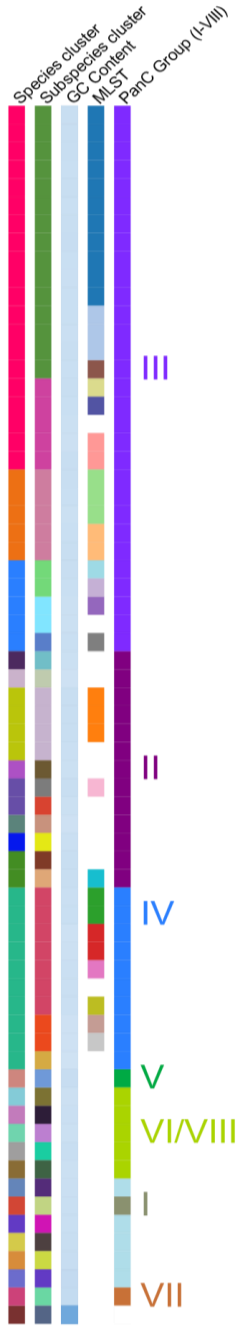
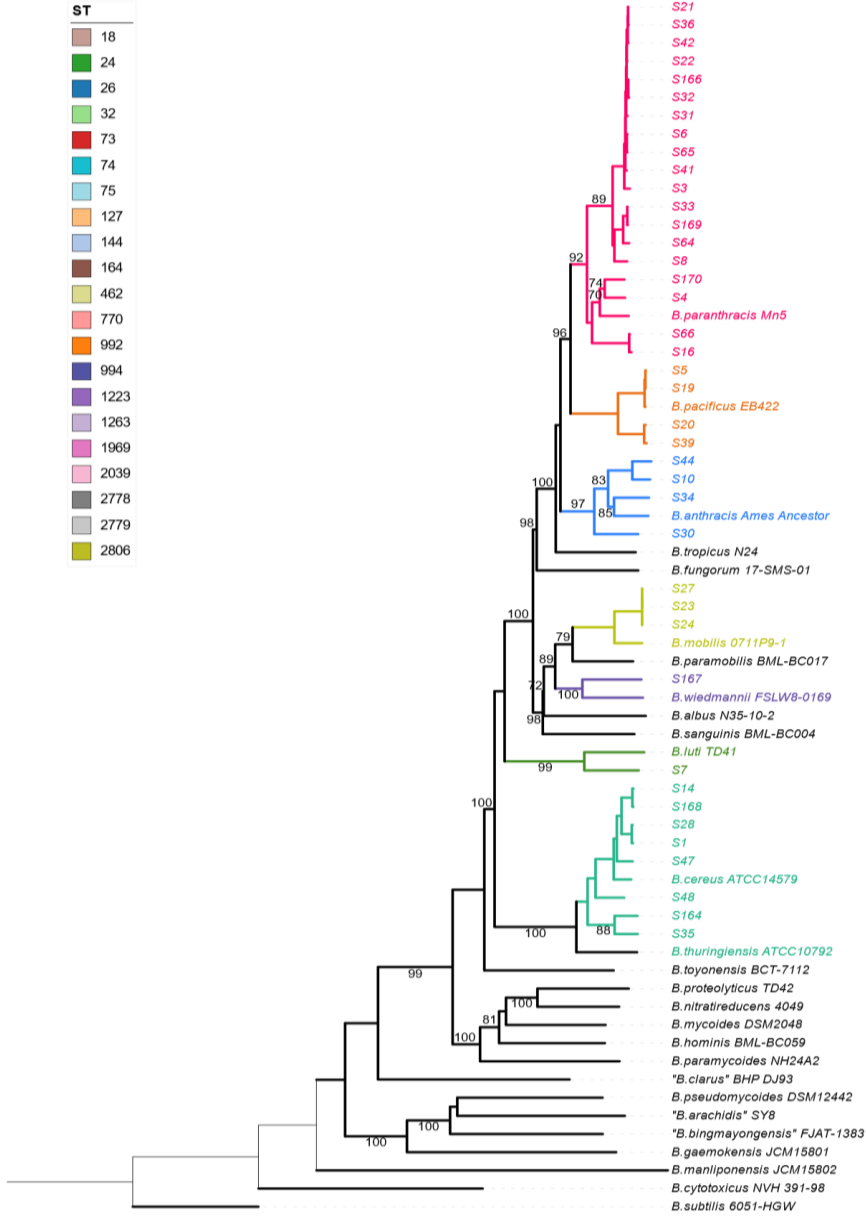
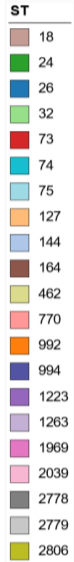
- 40 patients inclus (1 souche/patient)
- Souches isolées de :
 - 39 hémocultures
 - 1 LCS
- Entre 2010 et 2022
- 14 Réanimations de 12 villes :
 - Besançon (n=4)
 - Créteil (n=1)
 - Dijon (n=1)
 - Marseille (n=2)
 - Nantes (n=1)
 - Nice (n=3)
 - Nîmes (n=1)
 - Paris (n=11)
 - Poitiers (n=5)
 - Strasbourg (n=2)
 - Toulouse (n=3)
 - Tours (n=6)

Caractéristiques cliniques des 40 NNP ayant une infection invasive à *Bacillus* du groupe *cereus* (I)

		Death		Recovery		<i>p</i> ³
		(n=15, 37,5%)		(n=25, 62,5%)		
		n	% (IC95)	n	% (IC95)	
Clinical features						
	Sex-ratio (♂/♀)	0.67 (6/9)		0.78 (11/14)		<i>ns</i>
	Term of birth (weeks) ¹	27 (26-28.9)		28.6 (27.4-31)		<i>ns</i>
	Birth weight (g) ¹	820 (677.5-1027.5)		1010 (850-1360)		<i>ns</i>
	Delivery					
	Caesarean	12	80 (51.9-95.7)	13	52 (31.3-72.2)	<i>ns</i>
	Vaginal route	3	20 (4.3-48.1)	12	48 (27.8-68.7)	<i>ns</i>
Clinical signs						
	Early onset sepsis	7	6.7 (21.3-73.4)	1	4 (0.1-20.4)	0.004
	Respiratory	11	3.3 (44.9-92.2)	11	44 (24.4-65.1)	<i>ns</i>
	Circulatory	14	3.3 (68.1-99.8)	7	28 (12.1-49.4)	0.0002
	Neurological	7	6.7 (21.3-73.4)	3	12 (2.5-31.2)	0.038

Caractéristiques cliniques des NNP ayant une infection invasive à *Bacillus* du groupe *cereus* (II)

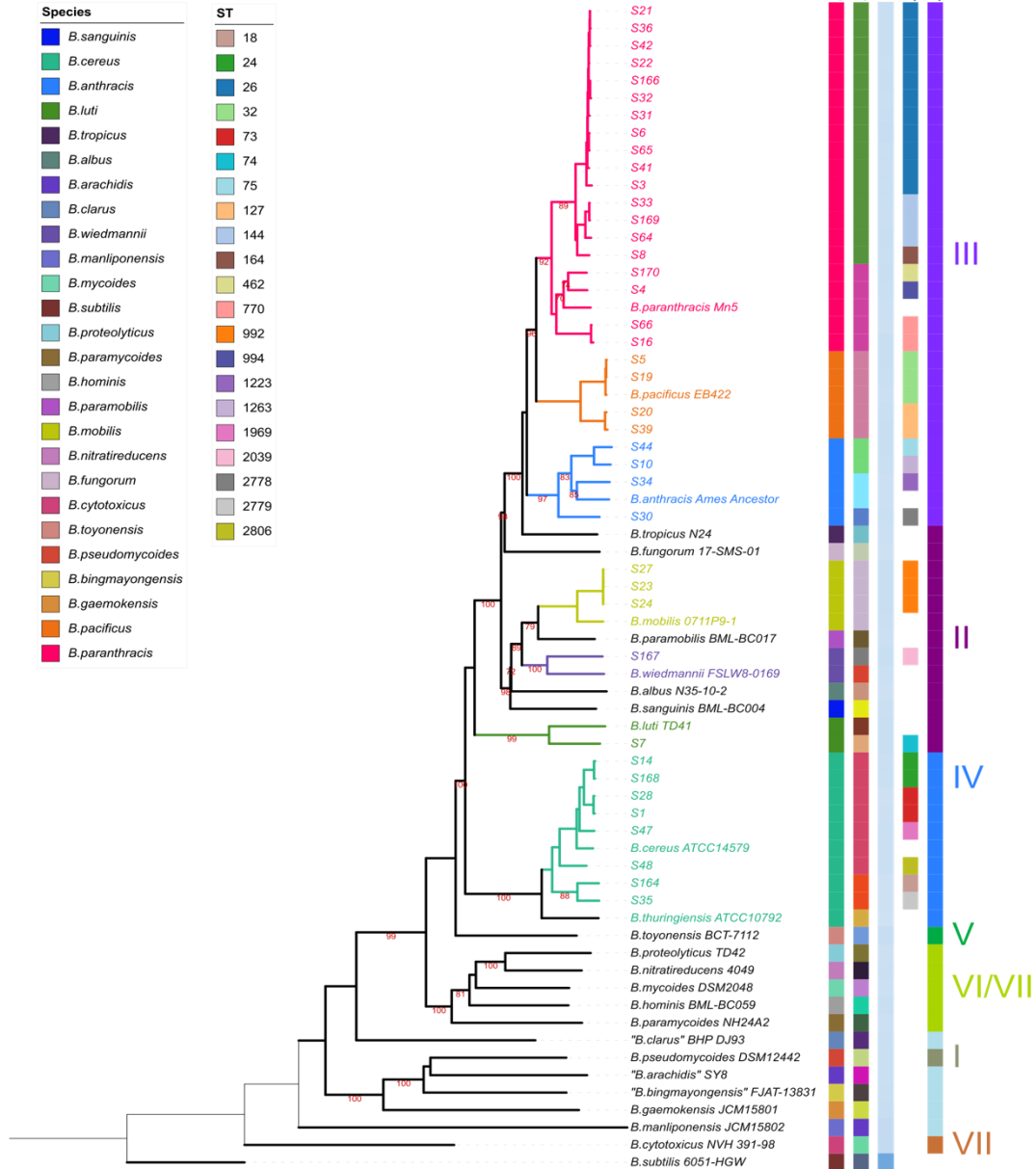
		Death (n=15, 37,5%)		Recovery (n=25, 62,5%)		
		n	% (IC95)	n	% (IC95)	<i>p</i> ³
	Neurological	7	46.7 (21.3-73.4)	3	12 (2.5-31.2)	0.038
Underlying conditions						
	NRD/HMD ²	13	86.7 (59.5-98.3)	15	60 (38.7-78.9)	<i>ns</i>
	Chronic bronchial dysplasia	1	6.7 (0.2-31.9)	12	48 (27.8-68.7)	0.018
	Intrauterine growth restriction	7	46.7 (21.3-73.4)	8	32 (14.9-53.5)	<i>ns</i>
	Intraventricular hemorrhage	8	53.3 (26.6-78.7)	6	24 (9.4-45.1)	<i>ns</i>
	Patent ductus arteriosus	9	60 (32.3-83.7)	12	48 (27.8-68.7)	<i>ns</i>
	Necrotizing enterocolitis or enteropathy	2	13.3 (1.7-40.5)	8	32 (14.9-53.5)	<i>ns</i>
	Anemia	7	46.7 (21.3-73.4)	10	40 (21.1-61.3)	<i>ns</i>
	Icterus	9	60 (32.3-83.7)	14	56 (34.9-75.6)	<i>ns</i>
	Neutropenia	2	13.3 (1.7-40.5)	1	4 (0.1-20.4)	<i>ns</i>
Care and medical support						
	Number of intravascular catheters ¹	1 (1-1,5)		2 (1-3)		0.029
	Number of days with intravascular catheters ¹	5 (3.5-8)		28 (15-35.5)		<0.001
	Orotracheal intubation	15	100 (78.2-100)	18	72 (50.6-87.9)	<i>ns</i>
	Number of days with oro-tracheal intubation ¹	3 (2-7.5)		4 (0-7)		<i>ns</i>
Nutrition						
	Parenteral nutrition	13	92.9 (66.1-99.8)	20	80 (59.3-93.2)	<i>ns</i>
	Enteral feeding	11	78.6 (49.2-95.3)	24	96 (79.6-99.9)	<i>ns</i>



Position phylogénétique des 40 souches par TYGS GBDP

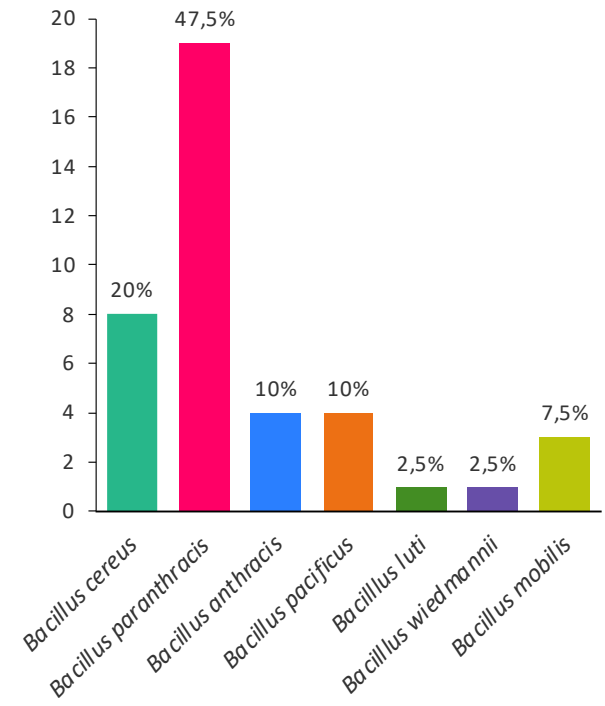
Tree scale: 0.1

Species	ST
<i>B. sanguinis</i>	18
<i>B. cereus</i>	24
<i>B. anthracis</i>	26
<i>B. luti</i>	32
<i>B. tropicus</i>	73
<i>B. albus</i>	74
<i>B. arachidis</i>	75
<i>B. clarus</i>	127
<i>B. wiedmannii</i>	144
<i>B. maniponensis</i>	164
<i>B. mycoides</i>	462
<i>B. subtilis</i>	770
<i>B. proteolyticus</i>	992
<i>B. paramycoides</i>	994
<i>B. hominis</i>	1223
<i>B. paramobilis</i>	1263
<i>B. mobilis</i>	1969
<i>B. nitratireducens</i>	2039
<i>B. fungorum</i>	2778
<i>B. cytotoxicus</i>	2779
<i>B. toyonensis</i>	2806
<i>B. pseudomycooides</i>	
<i>B. bingmayongensis</i>	
<i>B. gaemokensis</i>	
<i>B. pacificus</i>	
<i>B. paranthracis</i>	



Tree scale: 0.1

Position phylogénétique des 40 souches par TYGS GBDP

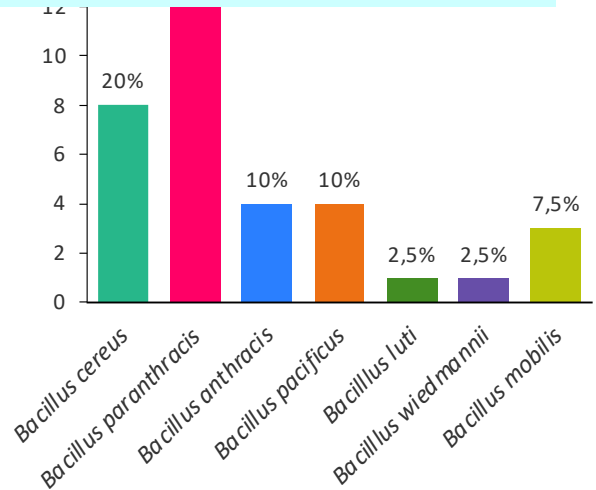
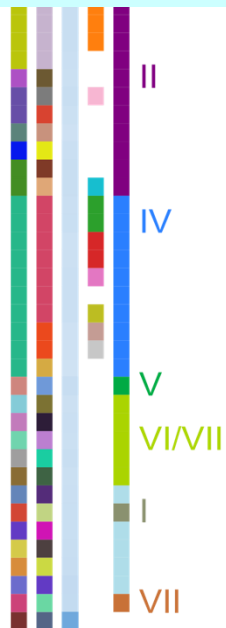
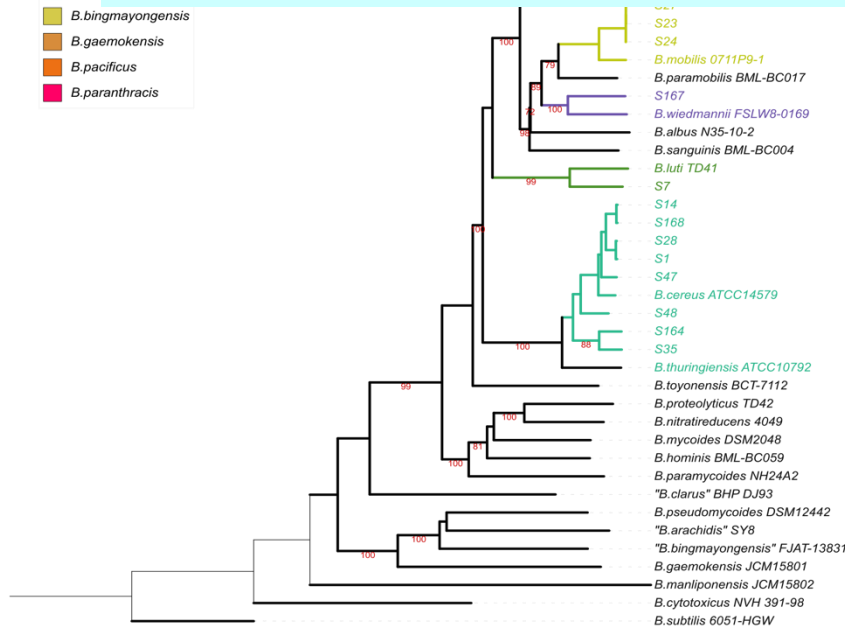


Species	ST
<i>B. sanguinis</i>	18
<i>B. cereus</i>	24
<i>B. anthracis</i>	26
<i>B. luti</i>	32
<i>B. tropicus</i>	73
<i>B. albus</i>	74
<i>B. arachidis</i>	75
<i>B. clarus</i>	127
<i>B. wiedmannii</i>	144
<i>B. maniponensis</i>	164
<i>B. mycooides</i>	462
<i>B. subtilis</i>	
<i>B. p...</i>	
<i>B. pa...</i>	
<i>B. ho...</i>	
<i>B. pa...</i>	
<i>B. mc...</i>	
<i>B. nitr...</i>	
<i>B. fun...</i>	
<i>B. cyt...</i>	
<i>B. toy...</i>	
<i>B. p...</i>	
<i>B. bingmayongensis</i>	
<i>B. gaemokensis</i>	
<i>B. pacificus</i>	
<i>B. paranthracis</i>	



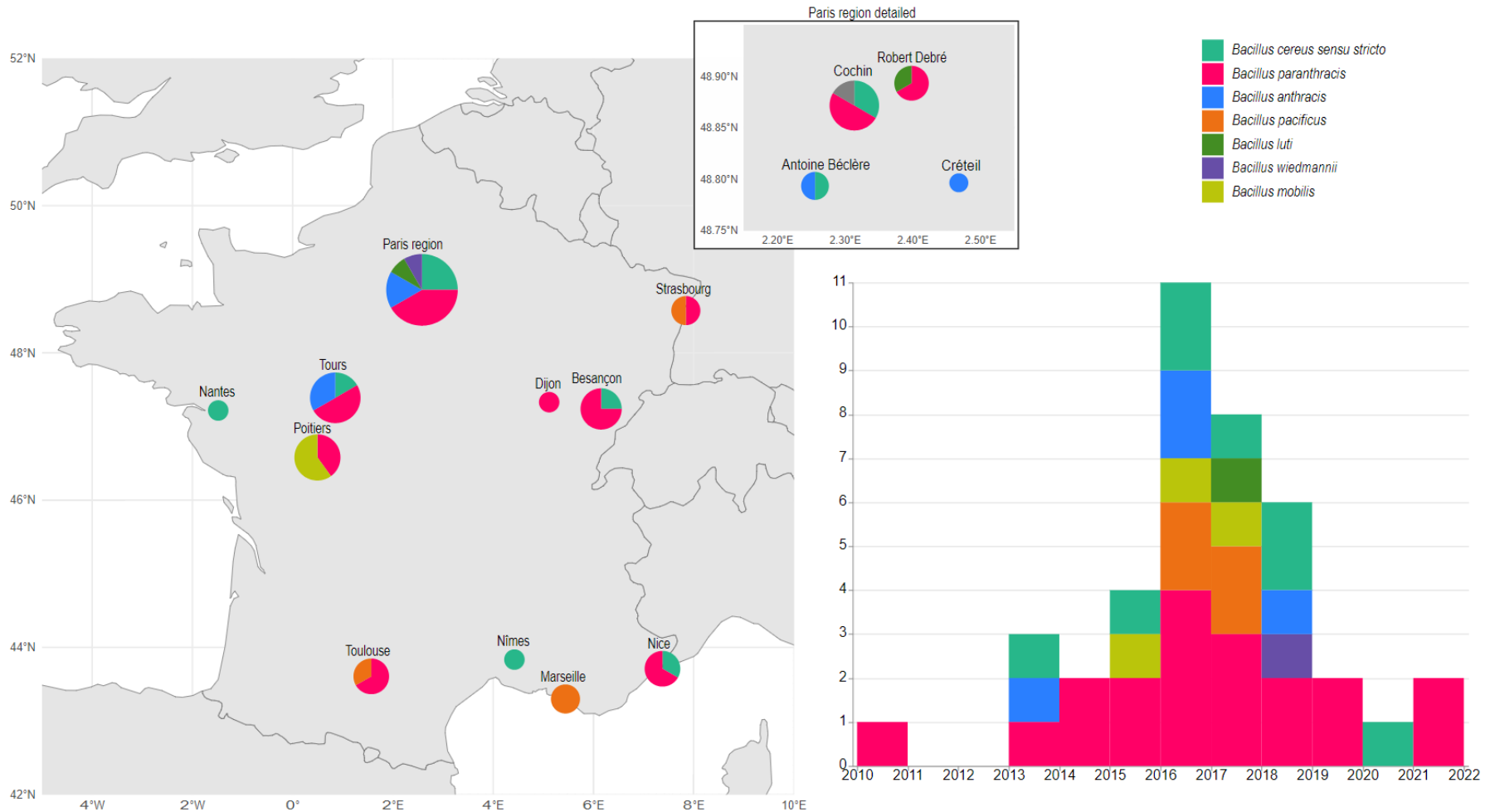
Position phylogénétique des 40 souches par TYGS GBDP

Grande diversité des 40 souches 7 espèces en 21ST

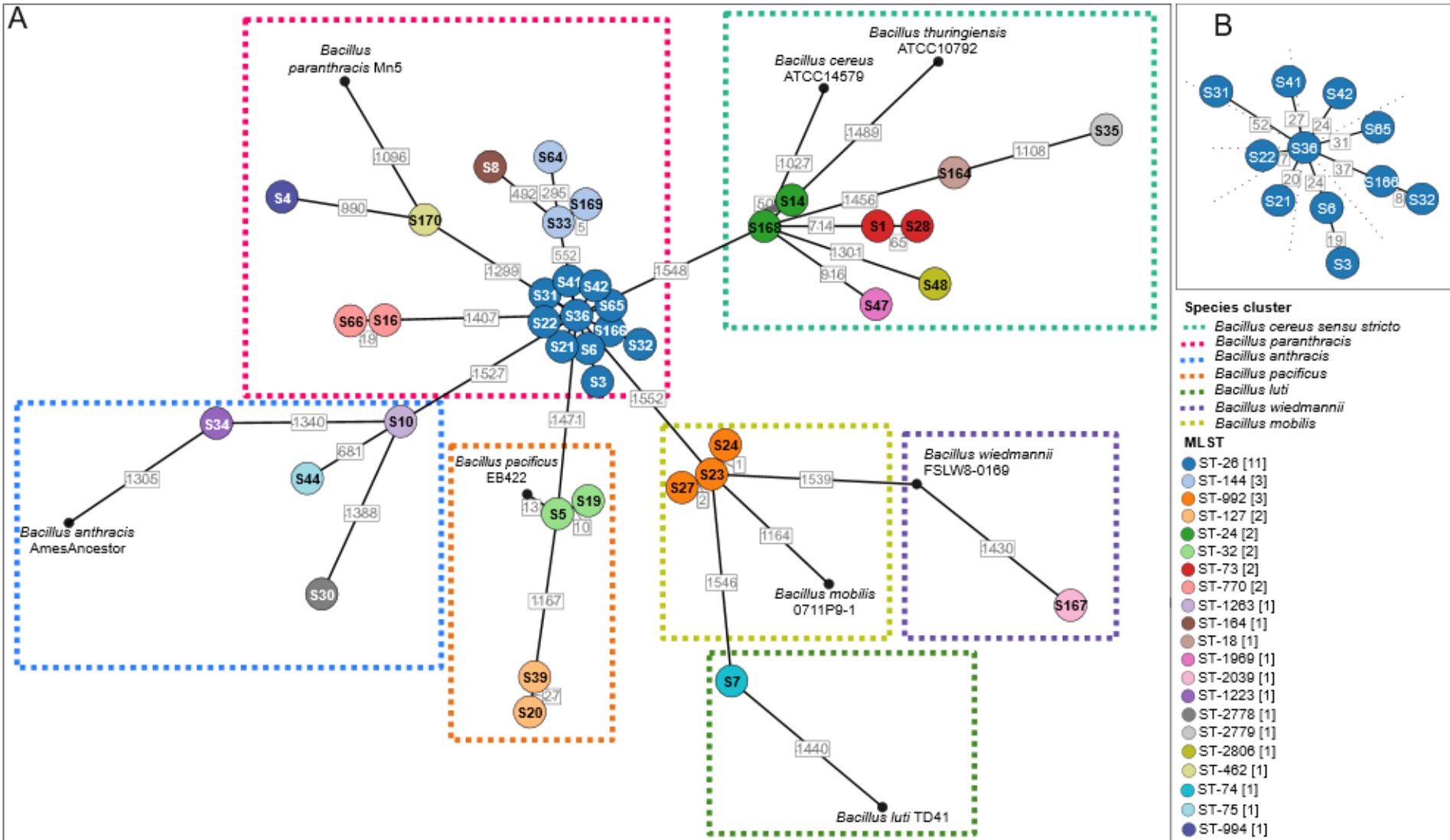


Tree scale: 0.1

Distribution spacio-temporelle des 40 souches responsables d'infections chez les NNP



Minimum spanning tree basé sur cgmlst (n=1567) loci



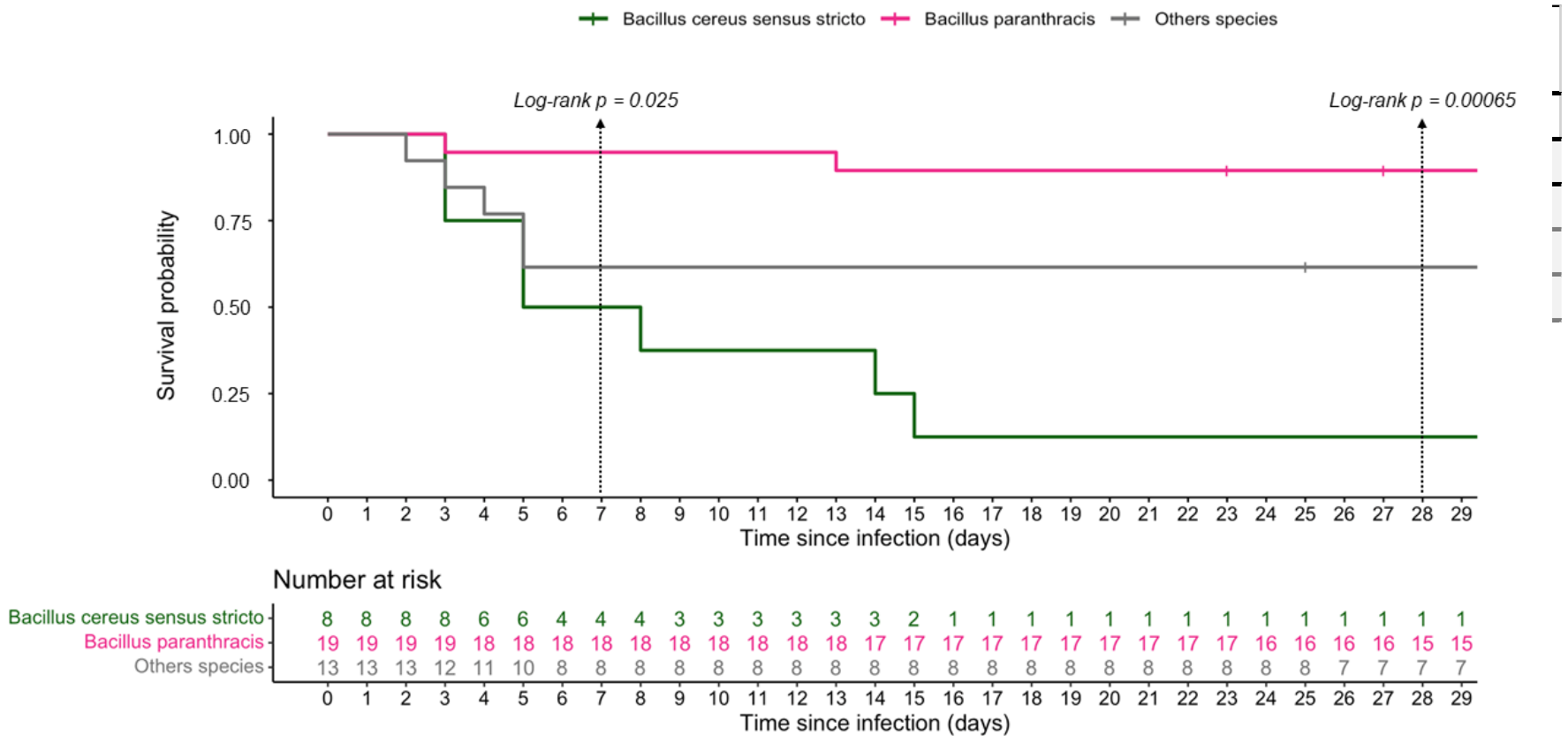
Souches responsables d'INFECTIONS INVASIVES chez les NNP

○ Evolution clinique et identification d'espèces

	Death (n=15, 37,5%)		Recovery (n=25, 62,5%)		<i>p</i> ³
	n	% (IC95)	n	% (IC95)	
Species identification					
<i>B. paranthracis</i>	2 →	13.3 (1.7-40.5)	17	68 (46.5-85.1)	<0.001
<i>B. cereus sensu stricto</i>	7	46.7 (21.3-73.4)	→ 1	4 (0.1-20.4)	<0.001
Other species	6	40 (16.3-67.7)	7	28 (12.1-49.4)	<0.001

Souches responsables d'INFECTIONS INVASIVES chez les NNP

○ Evolution clinique et identification d'espèces



Gènes de Virulence présents chez toutes les souches « core virulome »

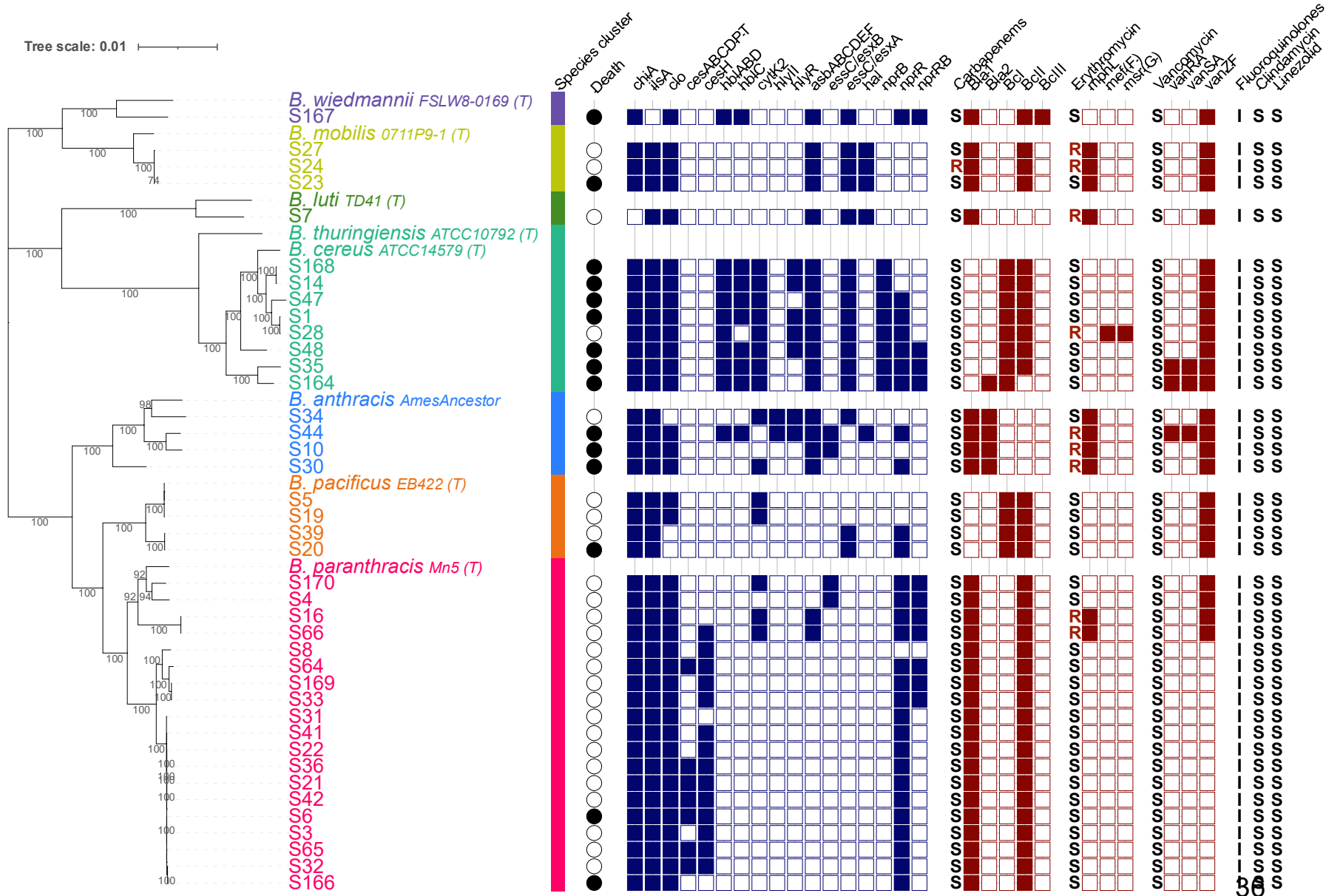
Gènes toujours présents

- *entFM* = enterotoxine
- *nheA*, *nheB*, *nheC* = Non-haemolytic enterotoxin
- *inhA1*, *inhA2* = immune inhibitor
- *smase* = sphingomyelinase SM-PLC
- *plcA* = Phosphatidyl choline-specific phospholipase C=PC-PLC
- *plcR* = Transcriptional Regulator or Pleiotrophic regulator (phospholipase C regulator)

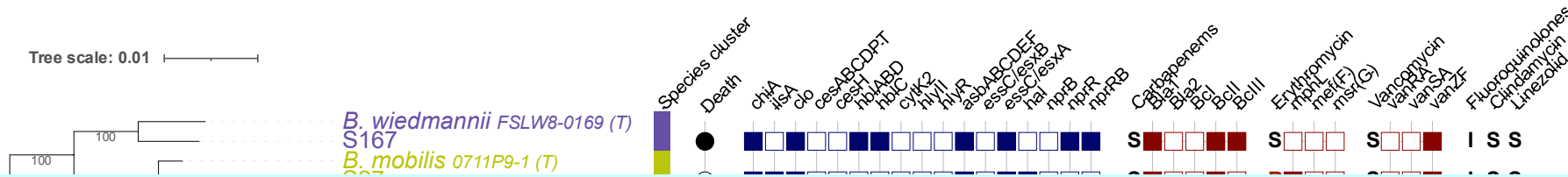
Gènes souvent présents

- *ilsa* = Iron-regulated surface protein (absent de *B. wiedamni*)
- *plcB* = phosphatidyl inositol-specific phospholipase C= PI-PLC (absent chez les 3 souches de *B. mobilis*, *B. luti*)
- *clo* = cereolysin O (absent de 1 souche de *B. anthracis* et de 2 souches de *B. pacificus*) (pore forming exotoxin)

Figure 1: Whole-genome phylogeny of 40 *B. cereus* group strains and the closest type strains. Unrooted maximum likelihood tree (IQ-Tree, model LG+G4m) built on the alignment of the cgMLST genes.



The presence of *hbICDAB* (60%, 9 of 15), *nprB* (46.5%, 7 of 15), *asbABCDEF* (80%, 12 of 15), and *essC-cereus/esxA* (66.7%, 10 of 15) genes correlated

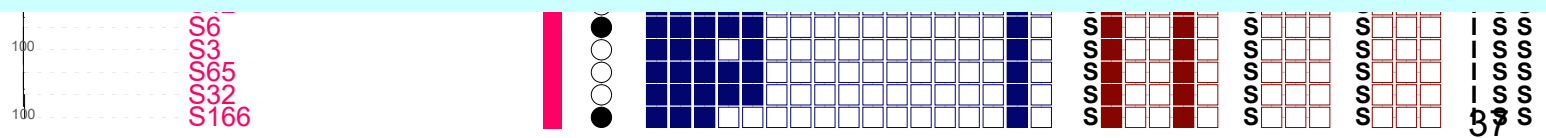


Haemolysin BL est présente chez 100% des souches de *B. cereus* et 1 souche de *B. wiedmanii* et 1 souche de *B. anthracis*, $p=0,0001$

CytK2 est présente chez 100% des souches de *B. cereus*, 16% des *B. paranthracis*, 50% des *B. anthracis* et 50% des *pacificus*

La présence conjointe de Haemolysin BL + cytK2 est uniquement trouvée chez *B. cereus*

La présence de *hbICDAB* (60%, 9 of 15), *nprB* (46.5%, 7 of 15), *asbABCDEF* (80%, 12 of 15), and *essC-cereus/esxA* (66.7%, 10 of 15) genes sont associés à une mortalité (p 0.00015, 0.002, 0.0027, and 0.02, respectively).



Conclusions à propos des infections invasives des NNPs par *B. cereus sensu lato*

- Infections invasives **sont rares mais mortelle dans 30% des cas**
- Sont dues à **une grande variété d'espèces** n=7
- *B. paranthracis* >>>*B. cereus sensu stricto* >> *B. anthracis* = *B. pacificus* > *B. mobilis*, *B. widemanii*, et *B. luti*
- ***B. cereus sensu stricto* est associé à une mortalité beaucoup plus élevée que *B. paranthracis***
- **L'association de *hbl* et *cytK2* est spécifique de *B. cereus sensu stricto***
- **La présence du gène *Pétrobactine sidérophore* et/ou *HbL* est associée à une mortalité plus élevée**

Remerciements

Laboratoire de Bactériologie, CHU de Nice

- Dr Romain Lotte (MCU-PH)
- Dr Alicia Chevalier (AHU)
- Grégoire Mutambayi
- Mariem Ben Khedher (Bio-info)
- Mélanie Pousse (Bio-info)
- Matilde Coin (Bio-info)

Equipe 6, Inserm U1065, C3M, Nice

- Dr Laurent Boyer (PhD, DR Inserm)
- Dr Patrick Munro (PhD, CR Inserm)
- Margot Saissi

IRCAN Pasteur

- Olivier Croce (IRCAN Pasteur)

INRAE

Dr Armel Gallet

ANSES

- Mathilde Bonis
- Olivier Firmesse

Hôpitaux ayant participé à la collection de souches : Angers, Besançon, Bordeaux, Colombes, Créteil, Dijon, Marseille, Nantes, Nice, Nîmes, Paris, Poitiers, Strasbourg, Toulouse, Tours, Versailles

CHU Lenval Dr Antoine Tran (MCU-PH)

Financements :
Ecophyto : Btimpact
Anses : PremabacEnv
ANR : BADASS

