

Impacts sanitaires des modes de gestion des matières fécales :

Comparaison historique et
actuelle de la filière du tout à
l'égout et des techniques de
séparation à la source

LATTS

LABORATOIRE TECHNIQUES
TERRITOIRES ET SOCIÉTÉS



École des Ponts
ParisTech

leesu

laboratoire eau environnement systemes urbains



OCAPI

Café Science du 09/04/2021

Paul Minier

Ecole des ponts ParisTech

Co-direction de thèse : Bruno TASSIN (LEESU)
& Konstantinos CHATZIS (LATTS)

Co-encadrement : Fabien ESCULIER (LEESU)

Mon parcours



Fig.1 Pêche électrique dans le Doubs

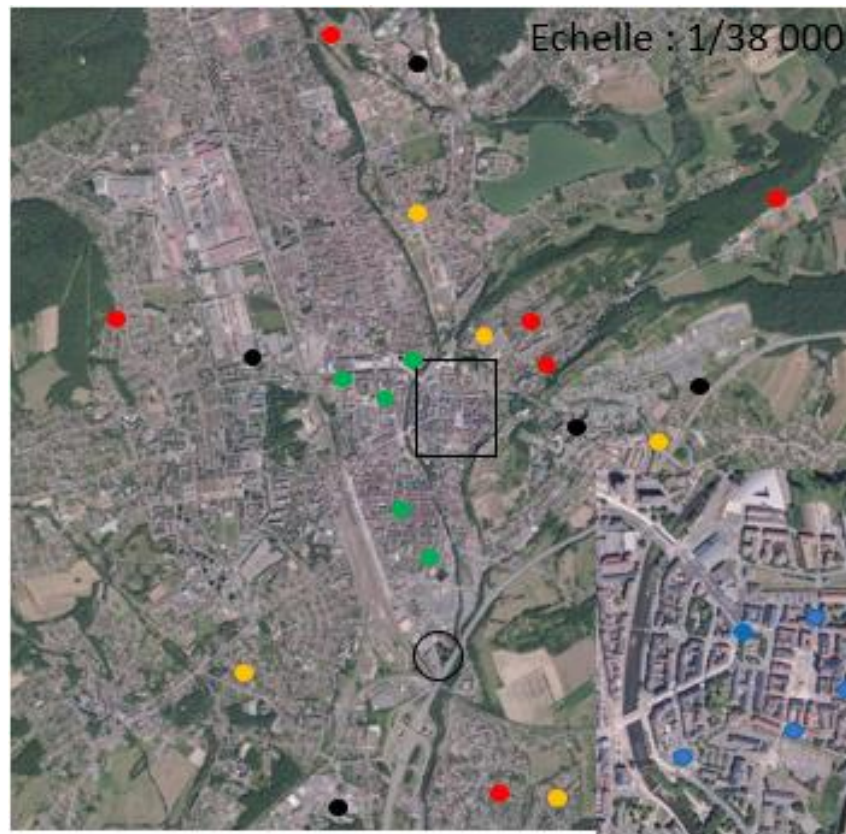


Fig.2 Carte des points de prélèvement sur la ville de Belfort



Fig.3 Maquette d'un système de traitement végétalisé des eaux grises

Un système qui atteint ses limites



Fig. 4 Exemple du parcours de l'eau dans une commune, de son prélèvement à son rejet. Source : SPEHA

Vers une gestion salubre des excréments ?

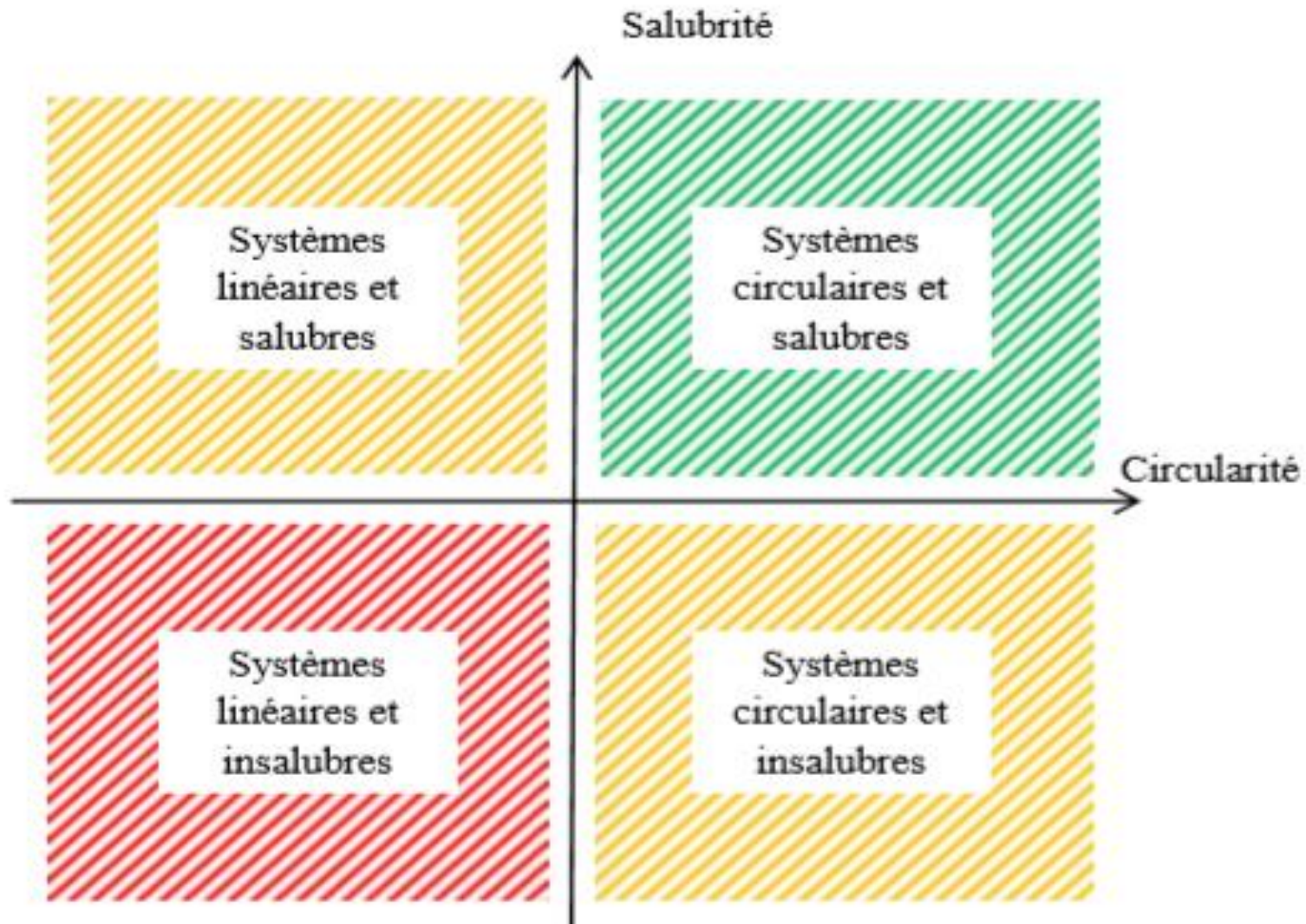


Fig.5 Analyse conjointe du degré de circularité et de salubrité des systèmes alimentation/excrétion.
Source : Esculier, 2018

Partie 1 : Une diversité de pathogènes

BACTERIES	VIRUS	HELMINTHES	PROTOZOAIRES	CHAMPIGNONS
<i>Salmonella spp.</i>	Poliovirus	<i>Ascaris lumbricoides</i>	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Coxsackievirus	<i>Trichuris sp.</i>	<i>Cyclospora cayetensis</i>	<i>Phialophora richardsii</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>	Echovirus	<i>Hymenolepis sp.</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Campylobacter spp.</i>	Parvovirus	<i>Taenia saginata</i>	<i>Toxoplasma gondii</i>	<i>Tricophyton spp.</i>
<i>Clostridium botulinum</i>	Adenovirus	<i>Toxocara (canis et cati)</i>	<i>Sarcocystis spp.</i>	<i>Epidermophyton spp.</i>
<i>Clostridium perfringens</i>	Reovirus	<i>Diphyllobothrium latum</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	
<i>Shigella spp.</i>	Virus de l'hépatite A, C et E	<i>Echinococcus granulosus</i>	<i>Encephalitozoon intestinalis</i>	
<i>Mycobacterium spp.</i>	Rotavirus	<i>Ancylostoma duodenale</i>	<i>Vittaforma corneae</i>	
<i>Staphylococcus (souches coagulase positives)</i>	Astrovirus	<i>Necator americanus</i>		
<i>Streptococcus (souches beta hémolytiques)</i>	Calicivirus			
<i>Escherichia coli (souches entéro-pathogènes)</i>	Coronavirus			
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Norwalk-like calicivirus			
<i>Bacillus anthracis</i>	Virus adénoassociés			
<i>Vibrio spp.</i>	Virus Influenza			
<i>Leptospira spp.</i>	Polyomavirus (JC et BK)			
<i>Aeromonas mobiles</i>				
<i>Arcobacter spp.</i>				
<i>Brucella spp.</i>				

Fig. 6 Diversité des pathogènes fécaux retrouvés en station d'épuration. Source : Ineris, 2007

Partie 1 : Une diversité de réservoirs

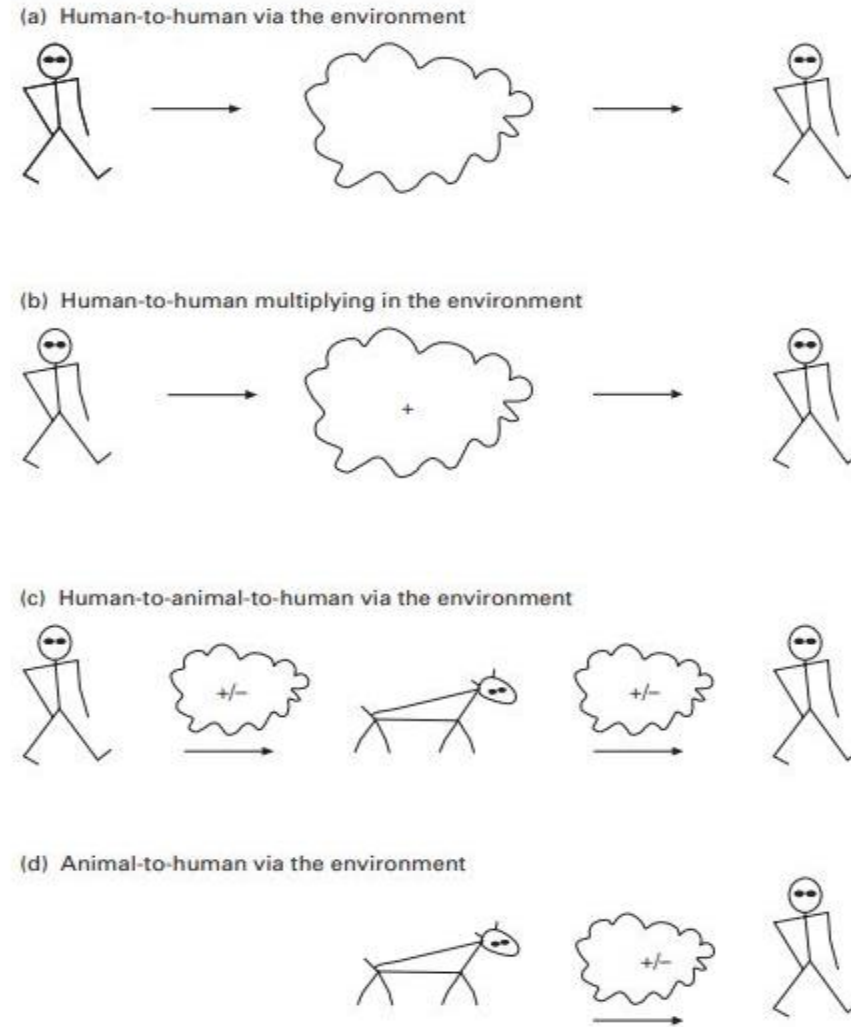


Fig.7 Les différentes voies de transmission des pathogènes fécaux. Source : Curtis et al.2000

Partie 1 : Des sources multiples de transmission

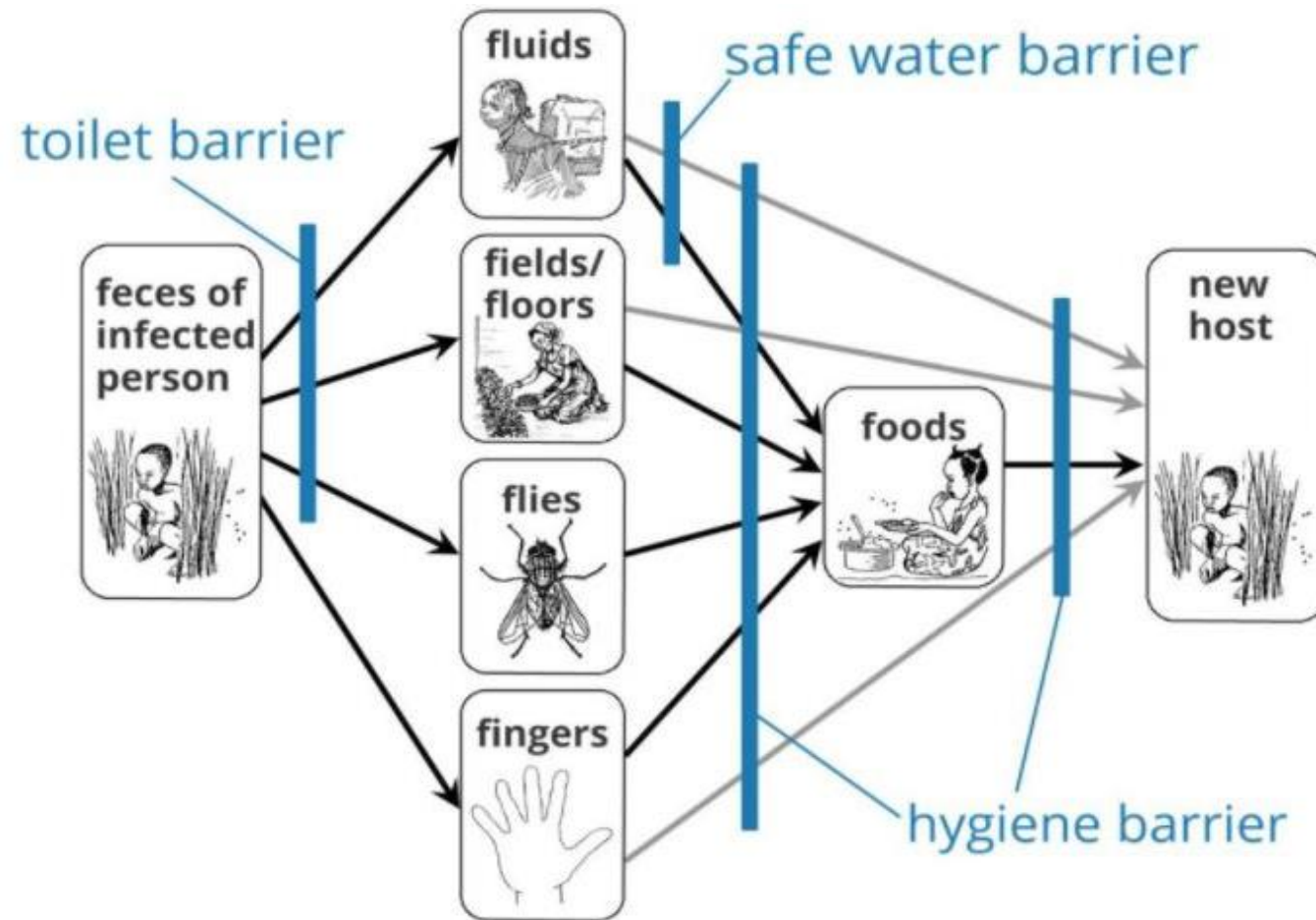


Fig.8 Voies de transmission des pathogènes fécaux oraux. Source : Carr, 2011

Partie 1 : Des maladies fécales encore très présentes

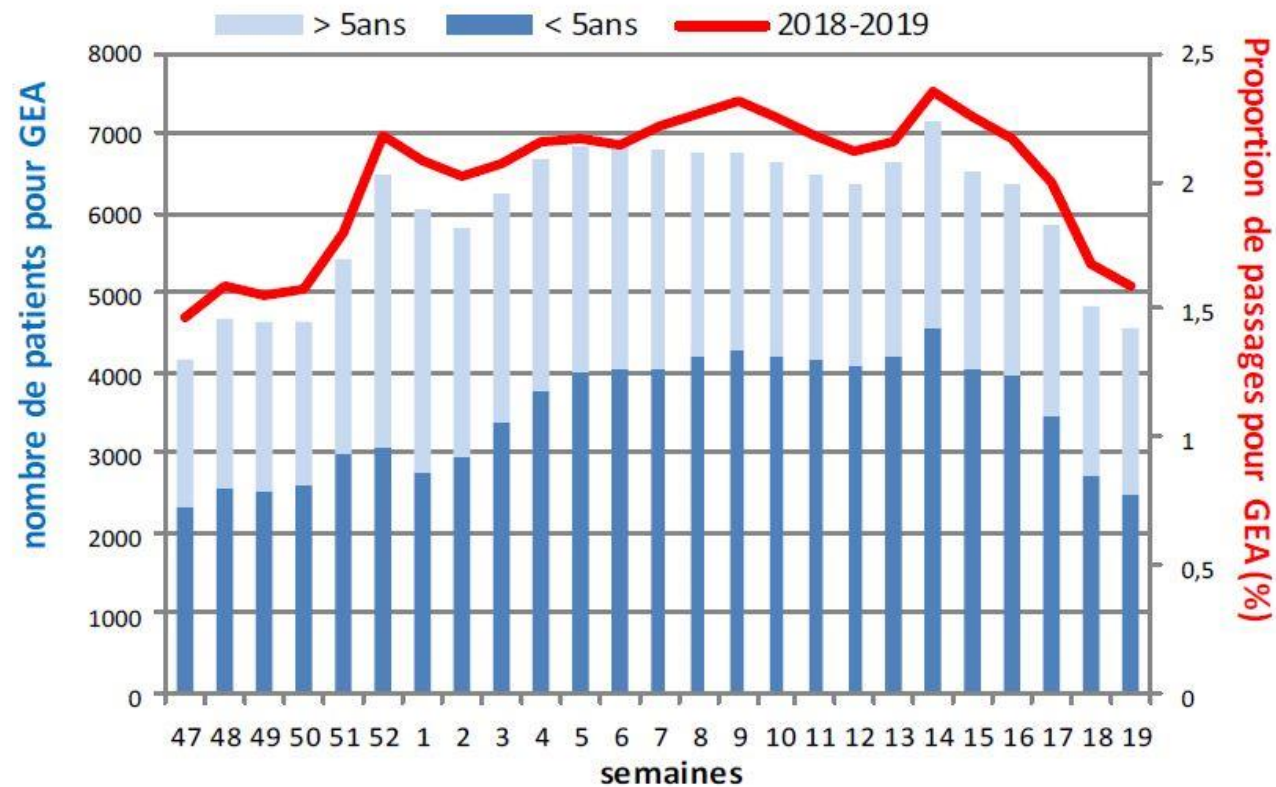


Fig.9 Nombre de patients et proportion de passages aux urgences pour GEA en métropole, données Oscour, saison 2018-2019

Partie 2 : Le tout à l'égout, seul facteur contributeur ?

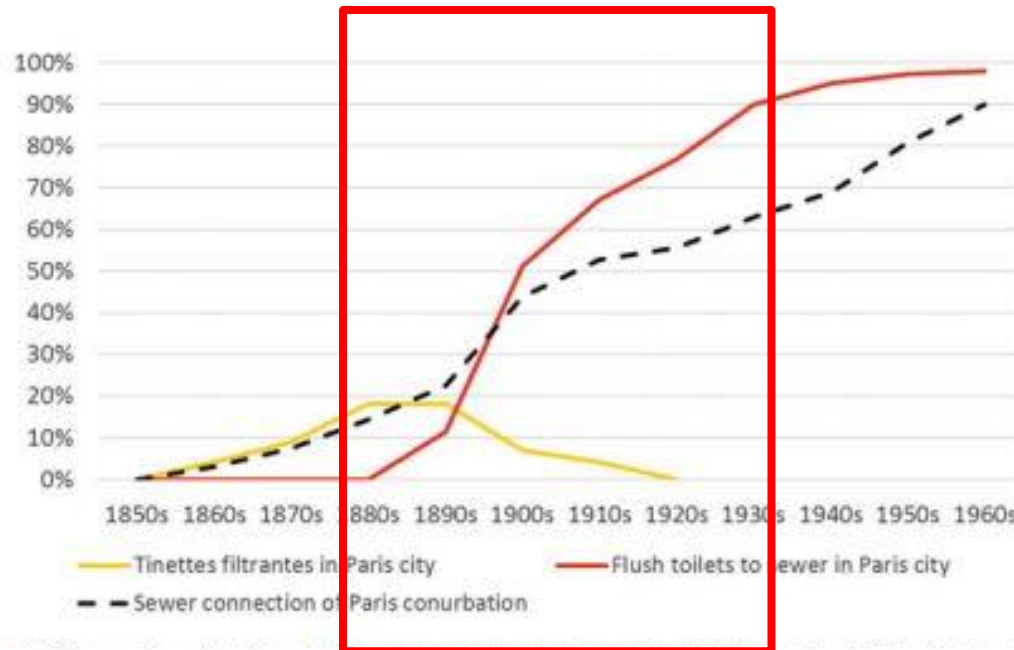


Fig.10 Connexion des toilettes à l'égout entre 1850 et 1960 dans la ville de Paris. Source : Esculier et Barles, 2021

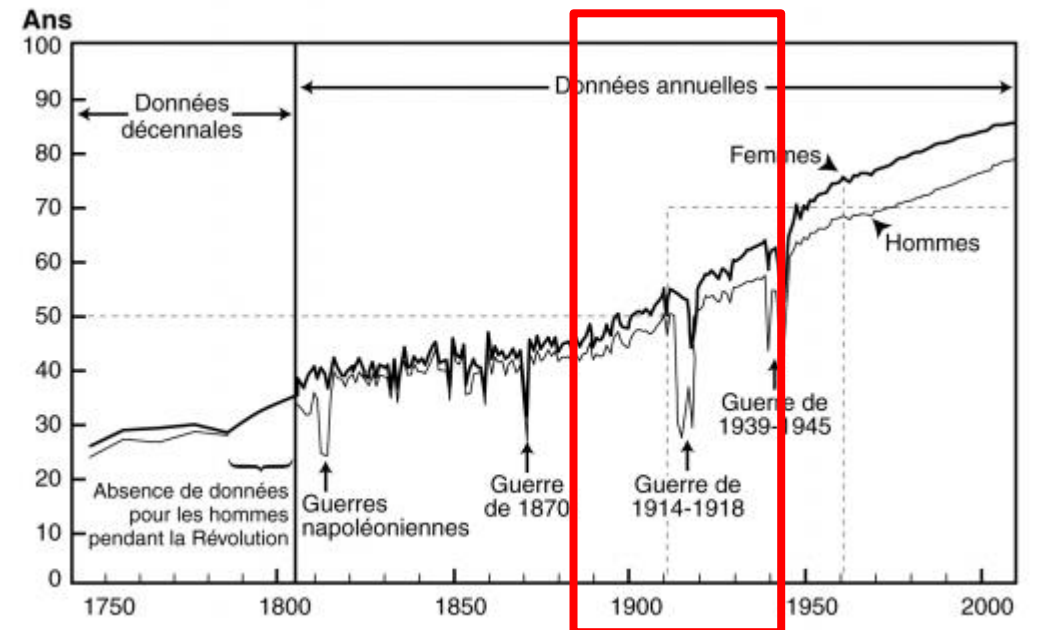


Fig 11 Evolution de l'espérance de vie à la naissance en France depuis 1740. Source : Leridon, 2013

Partie 2 : Une diversité de techniques

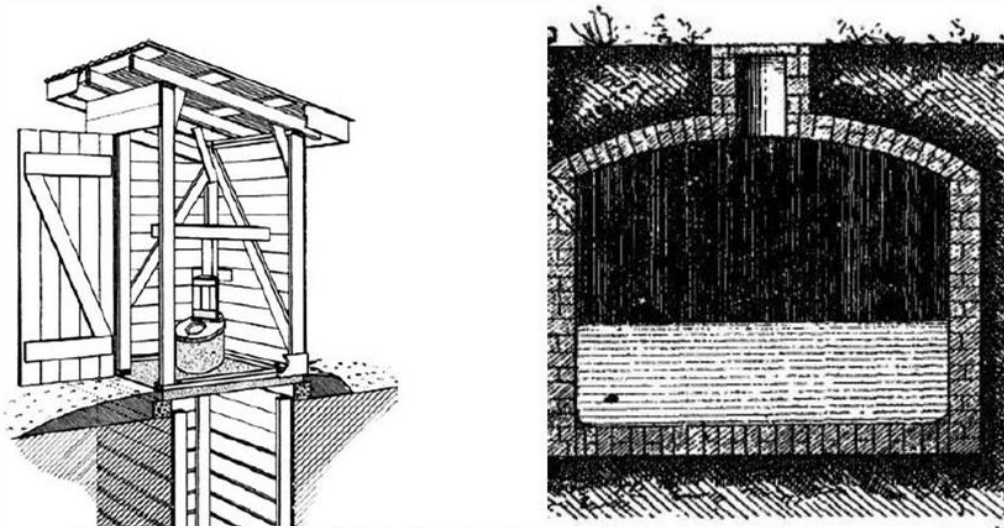


Fig. 12 Exemple de gestion des excréta humains avant la mise en place du tout à l'égout en France
Source : E.Adler, 2020



Fig. 13 Exemple de gestion des excréta humains avant la mise en place du tout à l'égout à Copenhague
Source : Sørensen, 2006

Partie 2 : Quelle a été la contribution spécifique du tout à l'égout ?

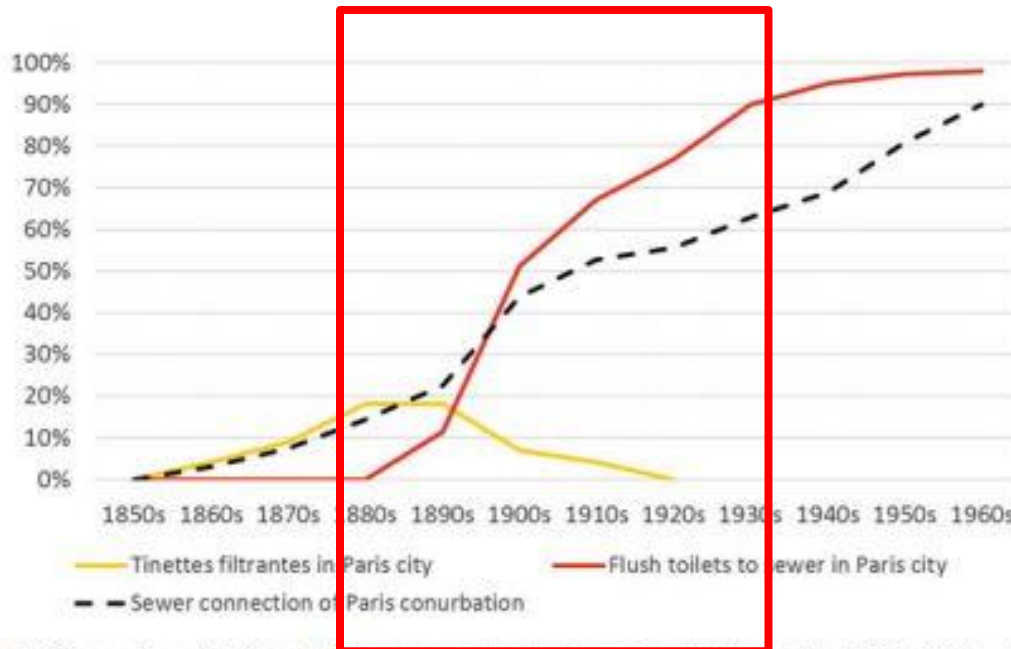


Fig.14 : Connexion des toilettes à l'égout entre 1850 et 1960 dans la ville de Paris. Source : Esculier et Barles 2021

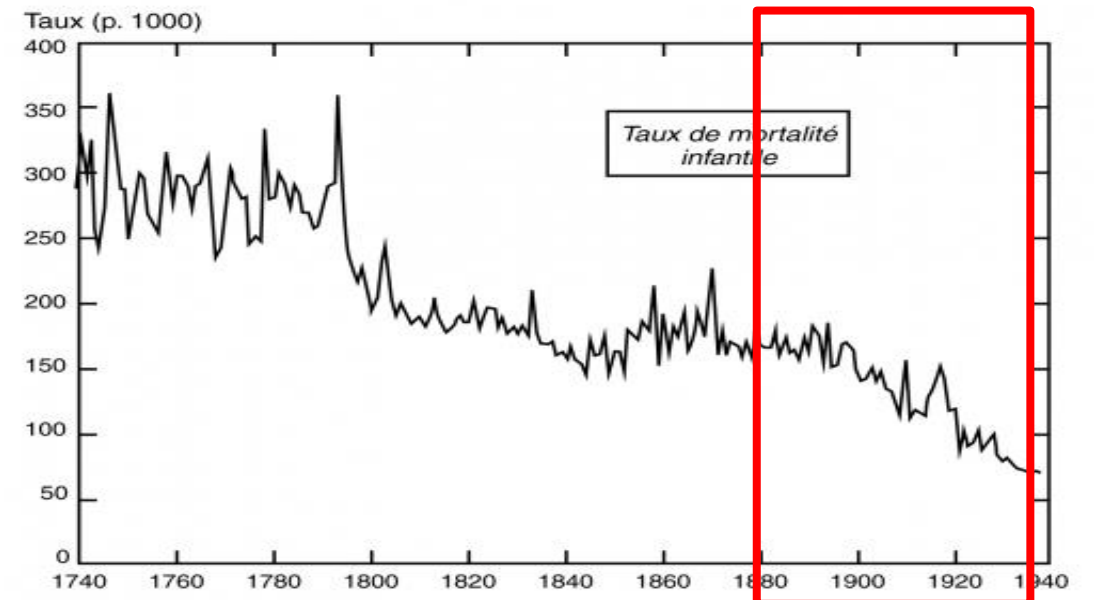


Fig 15 Evolution du taux de mortalité infantile en France de 1740 à 1939. Source : Leridon 2013

Partie 2 : Adduction d'eau et tout à l'égout, deux facteurs liés

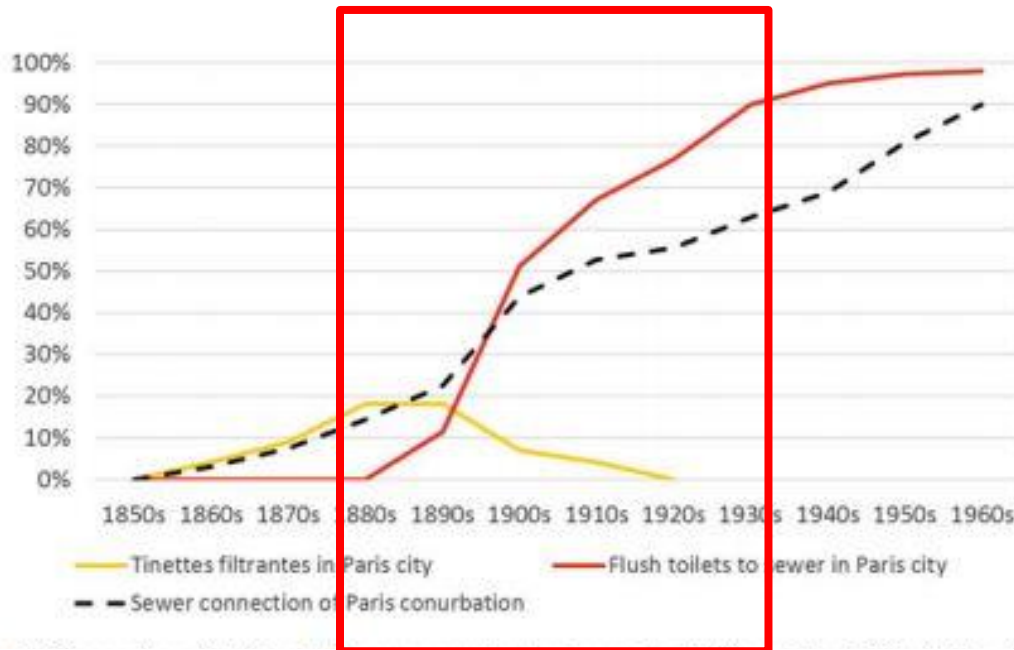


Fig.15 : Connexion des toilettes à l'égout entre 1850 et 1960 dans la ville de Paris. Source : Esculier et Barles 2021

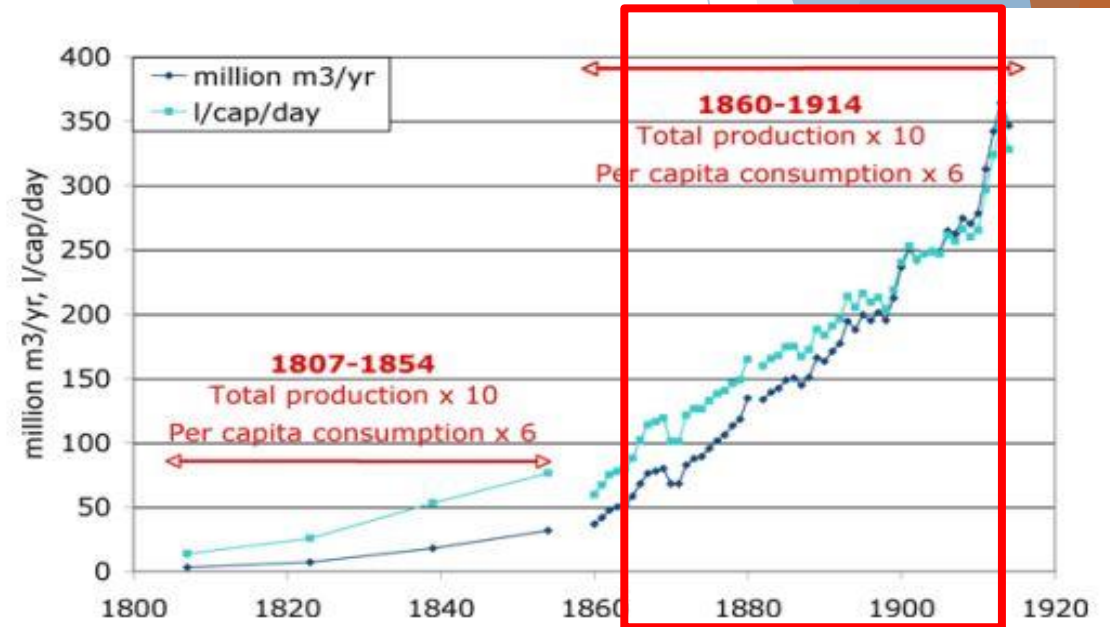
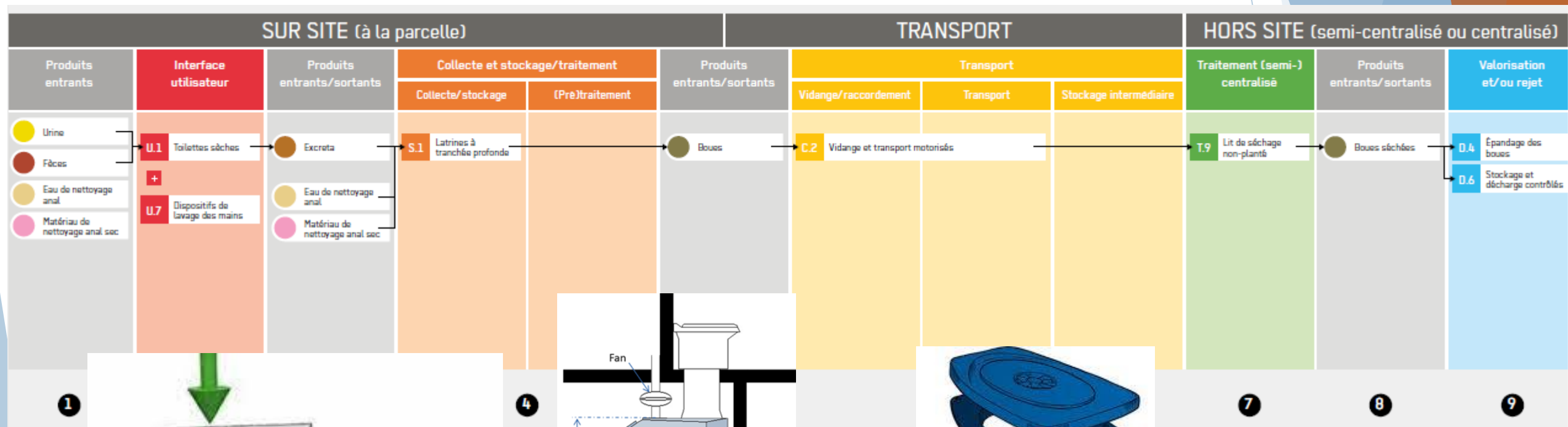


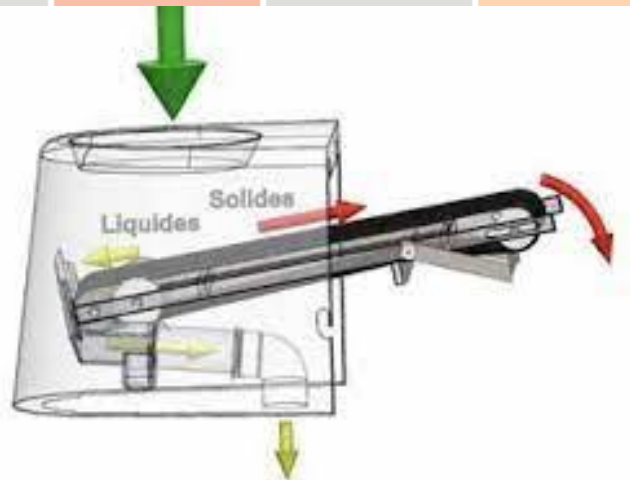
Fig.16 Production et consommation d'eau, Paris, 1807-1914 (adapté de Barles, 2002a). Source : Barles, 2007b

Partie 3 : Construire des filières des gestion des fèces



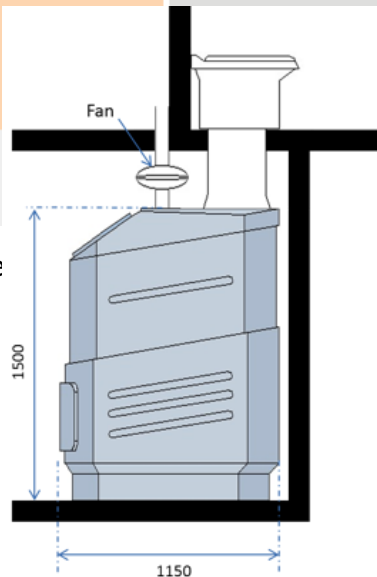
1

F

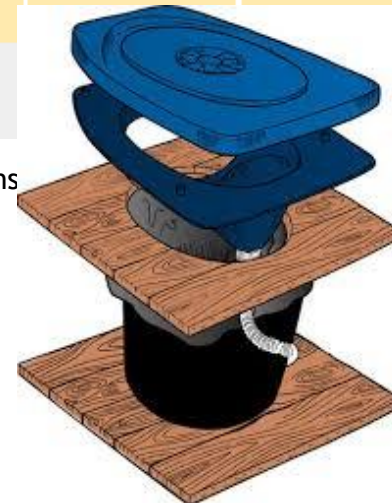


4

Disseme



ies utilisé dans



7

8

9

Partie 3 : Quels paramètres suivre ?

Tab.1 Liste non exhaustive des pathogènes à suivre

Paramètres	Critères du choix
Escherichia coli	NFU44-095 et NFU44-051
Salmonelles	Arrêté 08/01/1998, NFU44-095 et NFU44-051
Entérocoques	NFU44-095 et NFU44-051
Listeria monocytogenes	NFU44-095
Clostridium perfringens	NFU44-095
Coliformes thermotolérants	Arrêté 08/01/1998
Œufs d'Helminthes viables	Arrêté 08/01/1998, NFU44-095 et NFU44-051
Entérovirus	Arrêté 08/01/1998
Norovirus	Responsable des gastroentérites (pic hivernal)
Rotavirus	Responsable des gastroentérites chez les enfants

Partie 3 : Obtenir des données indicatrices

Tab.2 Données épidémiologique pour certains pathogènes. Source : OMS, 2006

	Incidence / 100,000 ⁻¹	Excretion / g _{faeces} ⁻¹	Duration [d]	ID ₅₀
Campylobacter	78–97	10 ^{6–9}	1–77	900
EHEC	0.8–1.4	10 ^{2–3}	5–12	1120
Hepatitis A	0.8–7.8	10 ^{4–6}	13–30	30
Rotavirus	21	10 ^{7–11}	1–39	6
Norovirus	1.2	10 ^{5–9}	5–22	10
Cryptosporidium	0.3–1.6	10 ^{7–8}	2–30	165
Giardia	15–26	10 ^{5–8}	28–284	35

Tab.3 Pathogènes et indicateur de survie dans différents médias. Source : Carr, 2011

Organism	Pathogen survival (time in days unless otherwise indicated)			
	Freshwater	Saltwater	Soil	Crops
Viruses	11–304	11–871	6–180	0.4–25
Salmonellae	<10	<10	15–100	5–50
Cholera	30	+285	<20	<5
Faecal coliforms	<10	<6	<100	<50
Protozoan cysts	176	1yr	+75	ND
<i>Ascaris</i> eggs	1.5yr*	2*	1–2 yr	<60
Tapeworm eggs	63*	168*	7 months	<60
Trematodes	30-180	<2	<1*	130**

ND No data; * Not considered an important transmission pathway; ** Aquatic macrophytes

Sources: Feachem *et al.* 1983; Mara and Cairncross 1989; National Research Council 1998; Robertson *et al.* 1992; Rose and Slifko 1999; Schwartzbrod 2000; Tamburrini and Pozio 1999.

Note: Differing survival times for each organism (or group of organisms) may be related to temperature.

Partie 3 : Où obtenir la matière première ?



Partie 3 : Quels traitements choisir ?

Tab.4 Liste des traitement et procédés d'hygiénisation applicables au matières fécales

Traitement (semi) centralisé		Post traitement/Hygiénisation
Biodigesteur	Fermentation alcoolique	Traitement à la chaux hydratée
Lit de séchage	Pyrolyse/torrefaction	Traitement à l'urée
Compostage	Combustion	Traitement par ferment lactique
Lombricompostage	Déshydratation solaire	Traitement à la soude caustique
Densification	Déshydratation thermique	Traitement par la cendre
Micro-onde	Gasification	
Ozonation	Liquefaction	
Mouches soldates noires	Système bioélectrochimique (MEC/ MFC)	
Fermentation Lactique	Fermentation acétique	

Merci pour votre
attention !