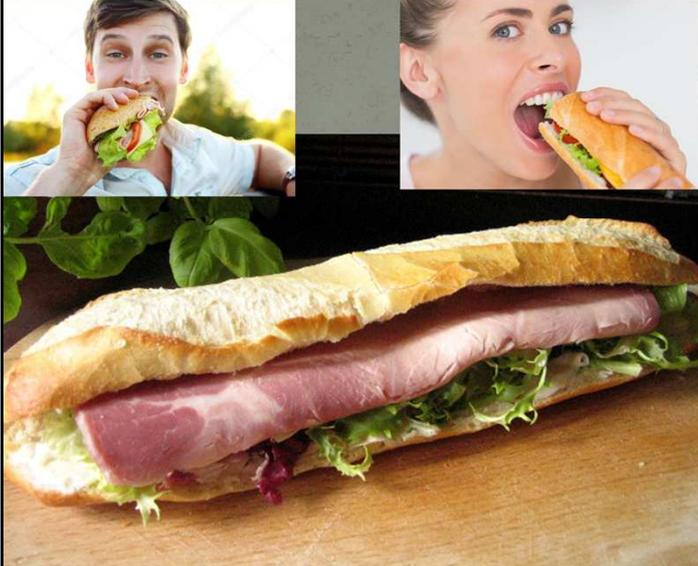


Le voyage d'un sandwich Jambon – Beurre – Salade



Sandwich
Jambon-Beurre-Salade
=
1 - Repas de midi
pour 25% des actifs*
2 - Carburant du corps humain
pour la 2^{ème} partie de la journée

* <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1280679>

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 1 Introduction

Le sandwich représente la base du repas de midi pour 25% des actifs selon l'Insee (2015).

Il représente, pour l'organisme de ces personnes, le carburant pour fonctionner dans la 2^{ème} partie de la journée de travail.

Le choix d'un sandwich jambon – beurre – salade est destiné à renforcer l'idée d'équilibre de nos repas entre les différents types d'aliments.

Ceux-ci doivent comporter une part suffisante de Protides, de lipides, de glucides et ... de FIBRES

ALIMENTAIRES apportées par la cellulose des plantes.

Le voyage d'un sandwich Jambon – Beurre – Salade

L'introduction au voyage :

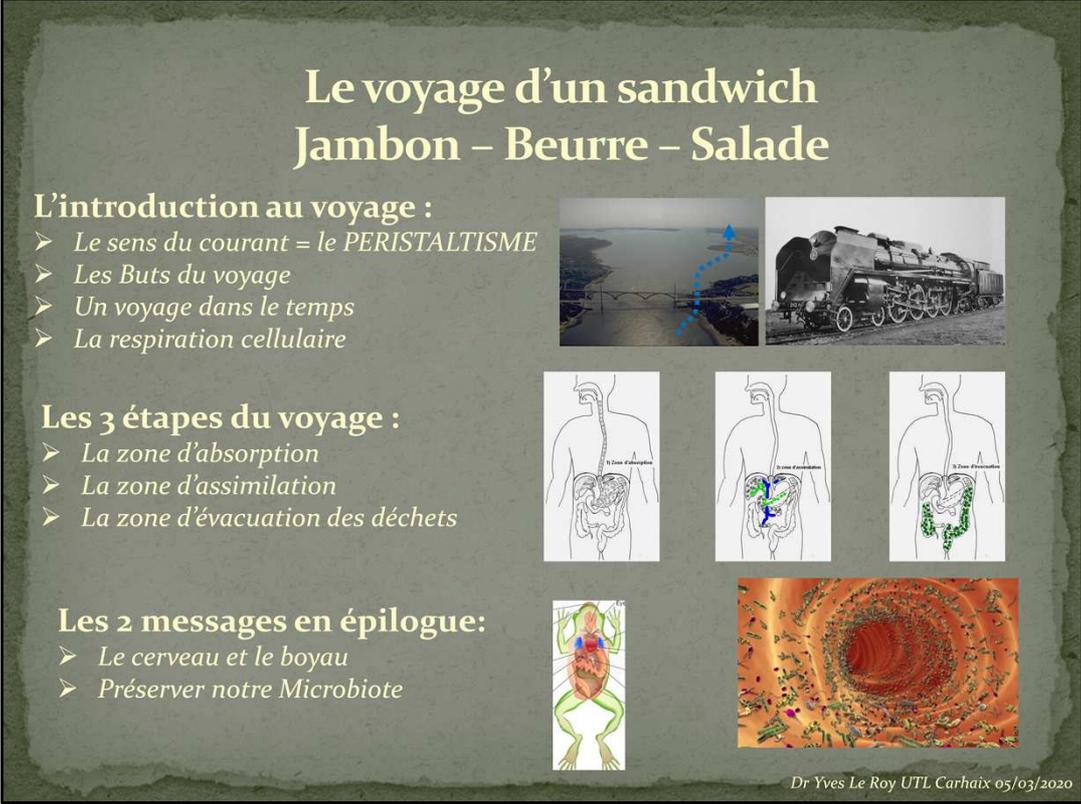
- *Le sens du courant = le PERISTALTISME*
- *Les Buts du voyage*
- *Un voyage dans le temps*
- *La respiration cellulaire*

Les 3 étapes du voyage :

- *La zone d'absorption*
- *La zone d'assimilation*
- *La zone d'évacuation des déchets*

Les 2 messages en épilogue:

- *Le cerveau et le boyau*
- *Préserver notre Microbiote*



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 2 Introduction

Au cours de ses 35 années d'exercice de la chirurgie viscérale, le conférencier a été amené à partager au sens propre l'intimité de près de 20000 de ses contemporains.

Cette activité centrée sur le traitement des maladies de l'appareil digestif l'a amené à prendre la mesure de sa remarquable adaptation à sa fonction essentielle : nous nourrir et donc permettre notre vie.

L'évolution nous a doté de ce système qui peut fonctionner en quasi autonomie.

Parallèlement elle nous a aussi doté d'un cerveau aux capacités bien supérieures à celles des autres espèces.

Il s'avère que de nombreux problèmes de fonctionnement de notre intestin sont liés à cette association d'un cerveau intelligent et d'un intestin autonome.

Ce voyage du sandwich est l'occasion de raconter la merveilleuse mécanique qui assure notre survie et la façon d'éviter que son fonctionnement ne dérape.



Dia 3 L'introduction au voyage : Le péristaltisme

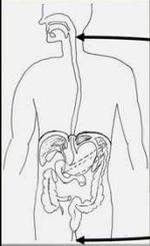
La vidéo représente le cours de la rivière Élorne qui traverse Landerneau et qui passe sous le pont de Rohan, un des rares ponts habités d'Europe.

Elle a été réalisée par le Docteur Bernard Jeker, cardiologue suisse du Valais grand voyageur, qui partage ses souvenirs animés de voyage sur son Blog « <http://ronchonbjwxsite.com/jekervideo> »

Le courant qui emporte le sandwich représente l'élément fondamental du fonctionnement digestif c'est-à-dire le PERISTALTISME.

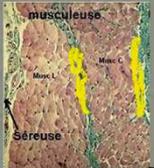
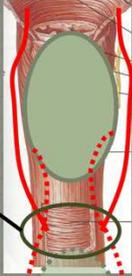
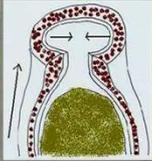
L'introduction au voyage

Le PERISTALTISME : un voyage à sens unique en aller simple



Appareil digestif
=
tube musculaire de 6 à 8 m

L'arrivée des aliments
→ Stimulation des Plexus nerveux

Intérieur :
Fibres circulaires

Extérieur :
Fibres longitudinales

Entre les fibres:
Plexus nerveux autonomes

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 4 L'introduction au voyage : Le péristaltisme

L'appareil digestif est composé d'un tube musculaire de 6 à 8 mètres de long.

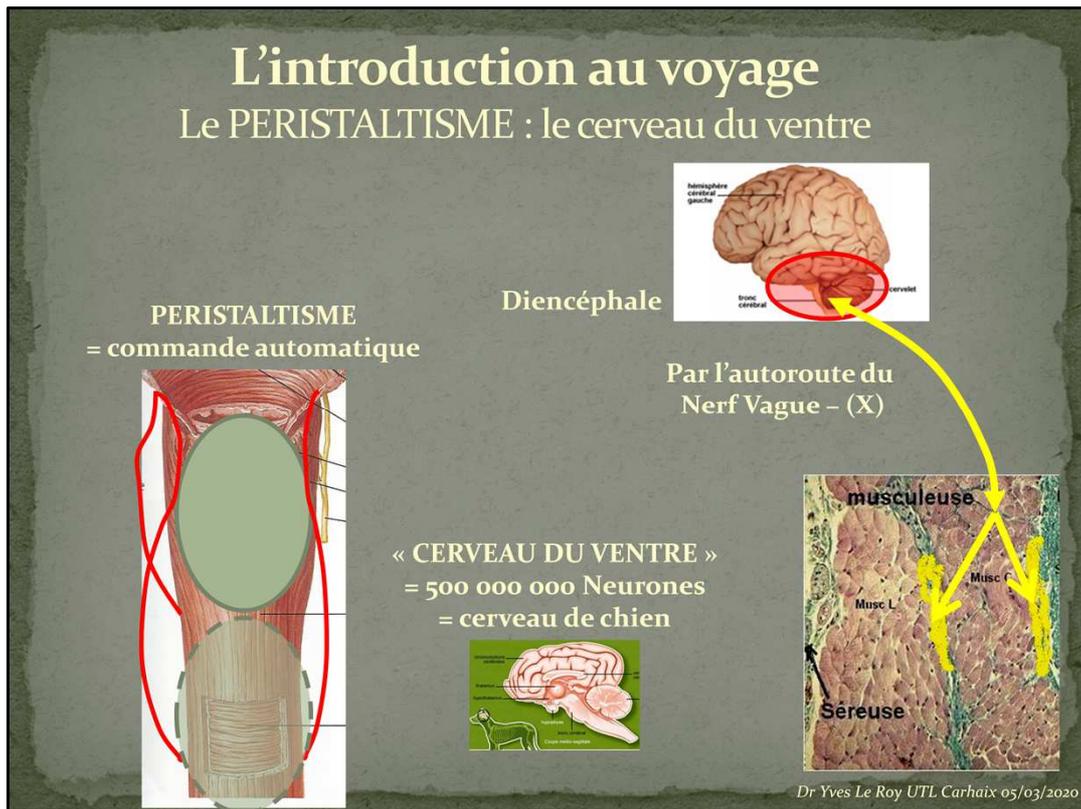
Ce tube est formé de 2 couches de fibres : une couche interne circulaire et une couche externe longitudinales.

Entre les couches musculaires se situent des plexus nerveux autonomes.

L'arrivée des aliments stimule ces plexus nerveux entraînant successivement :

- Un relâchement des fibres circulaires,
- Une contraction des fibres longitudinales responsable d'un raccourcissement localisé du tube,
- Une contraction des fibres circulaires au-dessus du bol alimentaire.

Ainsi se produit la progression automatique du contenu que l'on appelle le **PERISTALTISME** de l'intestin.



Dia 5 L'introduction au voyage : Le péristaltisme et cerveau du ventre

Le péristaltisme est un fonctionnement automatique du « cerveau du ventre ». Cet ensemble comprend environ 500 millions de neurones soit l'équivalent du cerveau d'un gros chien.

Il fonctionne en harmonie avec une partie profonde de notre cerveau appelé Diencephale qui est en charge du fonctionnement automatique des tous nos viscères (intestin, cœur, poumons, reins etc...), indépendamment de notre cerveau conscient.

Le lien entre le Diencephale et le cerveau du ventre se fait par une grosse autoroute nerveuse appelée Nerf Vague ou Pneumogastrique (Xème paire de nerf crânien)

L'introduction au voyage
En réalité, le voyage du sandwich est une descente aux enfers !

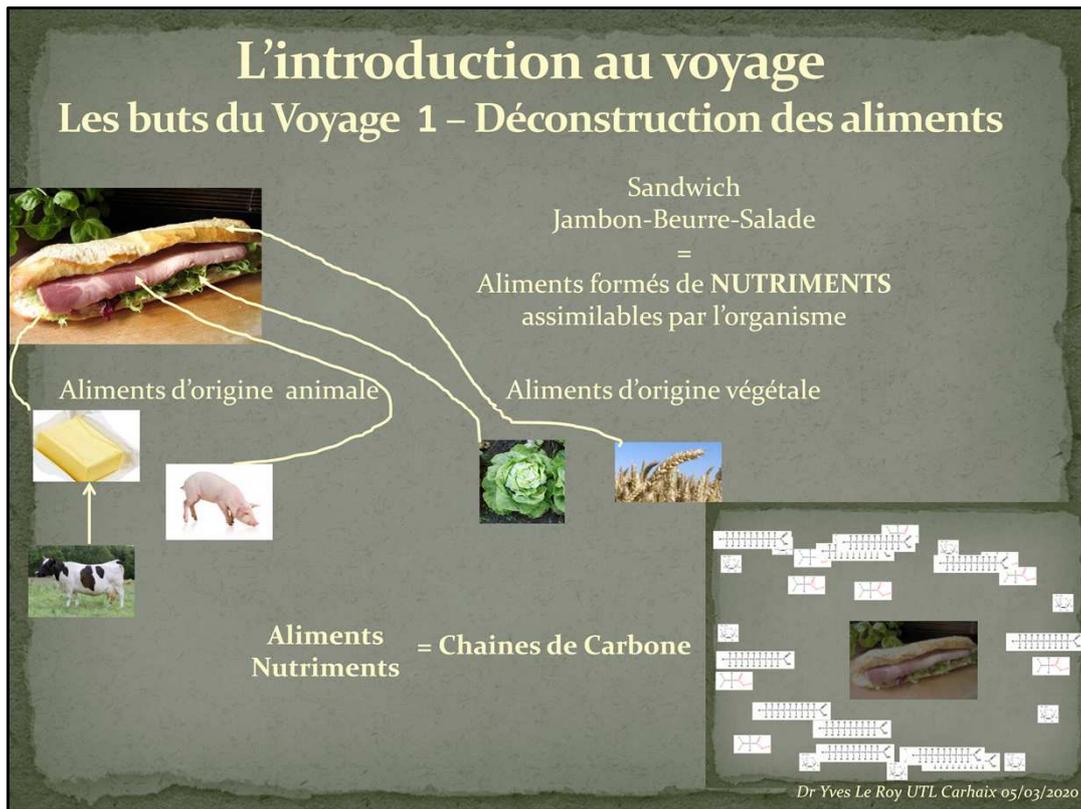
Le sandwich se réduit
en ses éléments constitutifs les plus simples :
Les NUTRIMENTS

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 6 L'introduction au voyage : La réalité c'est une descente aux enfers pour le sandwich !

Cette descente aux enfers est illustrée par une vidéo d'éruption du volcan appelé « Piton de la Fournaise » à la Réunion.

En explosant progressivement le long de son voyage, le sandwich - ALIMENT va se réduire en ses différents composants qui sont autant de molécules constitutives et que l'on appelle des NUTRIMENTS.



Dia 7 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ?

1 – Déconstruction des aliments

Le premier but du voyage – digestion est la déconstruction des aliments

Le sandwich est formé d'aliments d'origine diverse:

- Soit d'origine animale comme le jambon et le beurre
- Soit d'origine végétale comme le pain et la salade

Chacun de ces aliments est composé d'éléments plus simples, les **NUTRIMENTS** qui seront assimilables par l'organisme.

Les aliments et les nutriments qui les composent sont tous constitués de **CHAINES de CARBONE** (molécules carbonées).



Dia 9 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ?
2 – Fournir de l'Énergie au corps

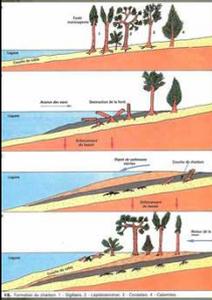
Le deuxième but essentiel de la digestion des aliments est de fournir de l'énergie au corps. Pour illustrer la façon dont un organisme vivant, et donc celui de l'Homme, utilise l'énergie fournie par les aliments, nous avons choisi une vidéo extraite du film « La bête humaine » réalisé par Jean Renoir en 1938. Ce film est tiré du roman éponyme d'Émile Zola. On y voit le chauffeur Pecqueux (Julien Carette) alimenter en charbon le foyer de la locomotive conduite par Jacques Lantier (Jean Gabin). La locomotive est affectueusement prénommée la « Lison ».

La combustion du charbon permet d'alimenter la machine à vapeur qui actionne les pistons faisant tourner les roues.

La Lison, conduite par Jacques Lantier effectue quotidiennement le trajet de la Gare parisienne de Paris-St Lazard jusqu'au Havre soit 200 km.

L'introduction au voyage

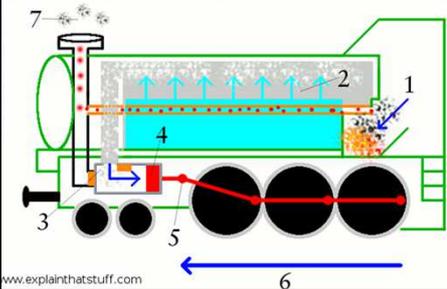
Les buts du Voyage 2 – Fournir de l'Énergie



Carbonifère (-350 MA)
Forêts primaires → marécages
Enfouissement sédimentaire
Pression + absence d'air (Oxygène)
Cellulose → Tourbe → Charbon



Le charbon = chaîne de carbone
d'origine végétale



www.explainthatstuff.com

Chaleur + O₂

↓

Combustion du charbon → CO + CO₂
+ vapeur d'eau

↓

Energie → Locomotion

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 10 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? 2 – Fournir de l'Énergie au corps

Le charbon provient de la forte dégradation des forêts lors de la période géologique nommée « Carbonifère » dans des milieux marécageux. La cellulose des plantes sont des chaînes de carbone dont le CO₂ va perdre progressivement son oxygène au bénéfice des bactéries des Tourbières. L'enfouissement progressif sous des couches compactes de sédiments marins va induire une concentration et une solidification du carbone pour aboutir au charbon.

La combustion du charbon par le dioxygène (O₂) sous l'effet de la chaleur dégage du monoxyde et du Dioxyde de carbone (CO, CO₂) ainsi que de la vapeur d'eau (H₂O).

Cette combustion produit aussi de l'énergie qui en chauffant l'eau de la chaudière va produire de la vapeur d'eau laquelle actionne pistons et arbres à Came qui, à leur tour font tourner les roues et avancer le train.



**Dia 11 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ?
2 – Fournir de l'Énergie au corps**

Au niveau du corps humain la similitude est frappante bien que d'une toute autre complexité.

Nous voyons sur cette vidéo, un sportif pratiquant la marche nordique.

Pour pratiquer son sport il actionne à la fois ses muscles des jambes pour avancer, et ses muscles des bras pour actionner ses bâtons ce qui renforce l'efficacité de son déplacement. C'est grâce à l'apport de son alimentation qu'il va recevoir le carburant de ses muscles à savoir le glucose issu de la transformation de ses nutriments.

L'introduction au voyage

Les buts du Voyage 2 – Fournir de l'Énergie



Juste un peu de physique de base !

Énergie = Capacité d'un système à fournir un Travail

Energie = charbon
Paris – Le Havre
8 tonnes pour 200 km
= 8 000 000 Kcal



Mouvement Chaleur Lumière Electricité

1 joule = Energie → 1g - 1l Air sec + 1°C

1 cal = 4,18 j : Energie → 1g Eau + 1°C

1 Kcal ou 1 Cal = 1000 cal = 4180 j

Energie = sandwich
75 mn Marche Nordique
470 Kcal



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 12 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? 2 – Fournir de l'Énergie au corps

Un petit rappel de physique définit l'énergie comme la capacité d'un système à fournir un travail. Ce travail peut être un mouvement, une production de chaleur, de lumière ou d'électricité.

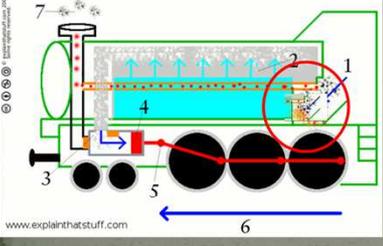
L'unité d'énergie est le joule : quantité d'énergie suffisante pour élever de 1 degré la température d'1 gramme d'air sec, soit le volume d'un litre d'air.

La calorie, équivalente à 4,18 joules, est la quantité d'énergie suffisante pour élever de 1 degré la température d'un gramme d'eau.

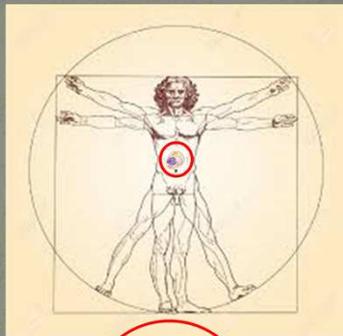
On parle plus communément de kilocalorie qui s'écrit « Kcal » ou « Cal » et qui équivaut à 1000 calories ou 4180 joules.

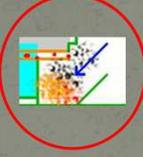
L'introduction au voyage

Les buts du Voyage 2 – Fournir de l'Énergie

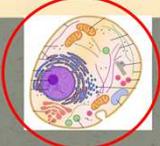


www.explainsstuff.com





Locomotive = 1 chaudière



Corps Humain = $30 \cdot 10^{12}$
30 000 Milliards de cellules
= 30 000 000 000 000 chaudières

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 13 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? **2 – Fournir de l'Énergie au corps**

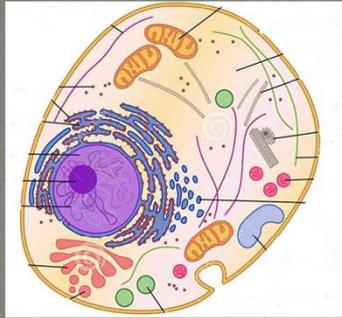
La comparaison entre la fourniture d'énergie à une locomotive et à un corps humain implique un considérable changement d'échelle.

Alors que la locomotive n'a besoin que d'une chaudière pour avancer, le corps humain est constitué de 30 000 milliards de cellules qui sont autant de chaudières !

Il faut donc à l'organisme qu'il dispose d'un système de répartition de l'énergie vers chacune de ses cellules : c'est la finalité de la digestion des aliments qui apporte les nutriments, de la circulation sanguine qui transporte ces nutriments vers les cellules. La respiration pulmonaire pour sa part récupère l'oxygène de l'air qui est distribué aux cellules par l'hémoglobine des globules rouges charriés par le sang.

L'introduction au voyage

Les buts du Voyage 2 – Fournir de l'Énergie



Corps Humain = 30×10^{12}
 30 000 Milliards de cellules
 25 000 000 000 000 hématies
 5 000 000 000 000 cellules
38 000 000 000 000 bactéries *

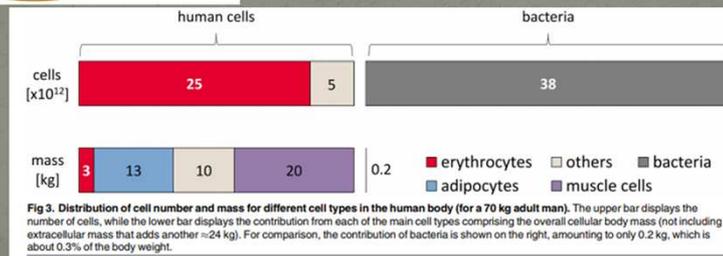


Fig 3. Distribution of cell number and mass for different cell types in the human body (for a 70 kg adult man). The upper bar displays the number of cells, while the lower bar displays the contribution from each of the main cell types comprising the overall cellular body mass (not including extracellular mass that adds another ~24 kg). For comparison, the contribution of bacteria is shown on the right, amounting to only 0.2 kg, which is about 0.3% of the body weight.

• Sender R, Fuchs S, Milo R (2016) Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. PLoS Biol 14(8): e1002533. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002533>

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 14 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? 2 – Fournir de l'Énergie au corps

La comparaison entre la fourniture d'énergie à une locomotive et là un corps humain implique un considérable changement d'échelle.

Alors que la locomotive n'a besoin que d'une chaudière pour avancer, le corps humain est constitué de 30 000 milliards de cellules qui sont autant de chaudières!

Il faut donc à l'organisme qu'il dispose d'un système de répartition de l'énergie vers chacune de ses cellules : c'est la finalité de la digestion des aliments.

Une étude de Ron Sander, publiée dans la revue « Cell » en janvier 2016 estime que le corps humain est constitué de 30 000 milliards de cellules (30×10^{12}) et que parallèlement il héberge 38 000 milliards de bactéries (38×10^{12}).

Si l'on prend en compte le fait que sur les 30 000 milliards de cellules, 25 000 milliards sont des globules rouges, hématies chargées d'apporter l'oxygène de la respiration aux cellules, le corps humain ne comporte en fait que 5 000 milliards de cellules véritablement actives sur le plan métabolique et grande consommatrice d'énergie.

Le tableau reproduit ici exprime la répartition des cellules en terme de masse pour un homme de 70 kg : les cellules représentent 80% du poids du corps, les 20% restant étant constitué des liquides et fluides circulants dans les vaisseaux et entre les cellules.

La masse des cellules se répartit entre les cellules musculaires pour 18,5%, grasses pour 14,2% et toutes les autres pour 14,2%. Les hématies ne comptent que pour 4,2% et les 38 000 milliards de bactéries pour 0,3% de la masse du corps.

L'introduction au voyage

Les buts du Voyage 2 – Fournir de l'Énergie

Avec l'énergie produite par l'alimentation, la cellule peut fonctionner pour

Se renouveler

Corps Humain = $30 \cdot 10^{12}$
30 000 Milliards de cellules
70 Milliard de cellules meurent chaque jour
Intestin 5 jours
Peau 7 jours
Globule rouge 120 Jours
Foie 500 jours
Cerveau cœur presque une vie

Produire des protéines

Agression

Mort programmée

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 15 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? 2 – Fournir de l'Énergie au corps

Grâce à l'énergie produite par la combustion du glucose – carburant de la cellule, celle-ci va pouvoir fonctionner:

Elle va pouvoir se **renouveler**.

Les 30 000 milliards de cellules du corps ont une vie propre et sont en perpétuel renouvellement.

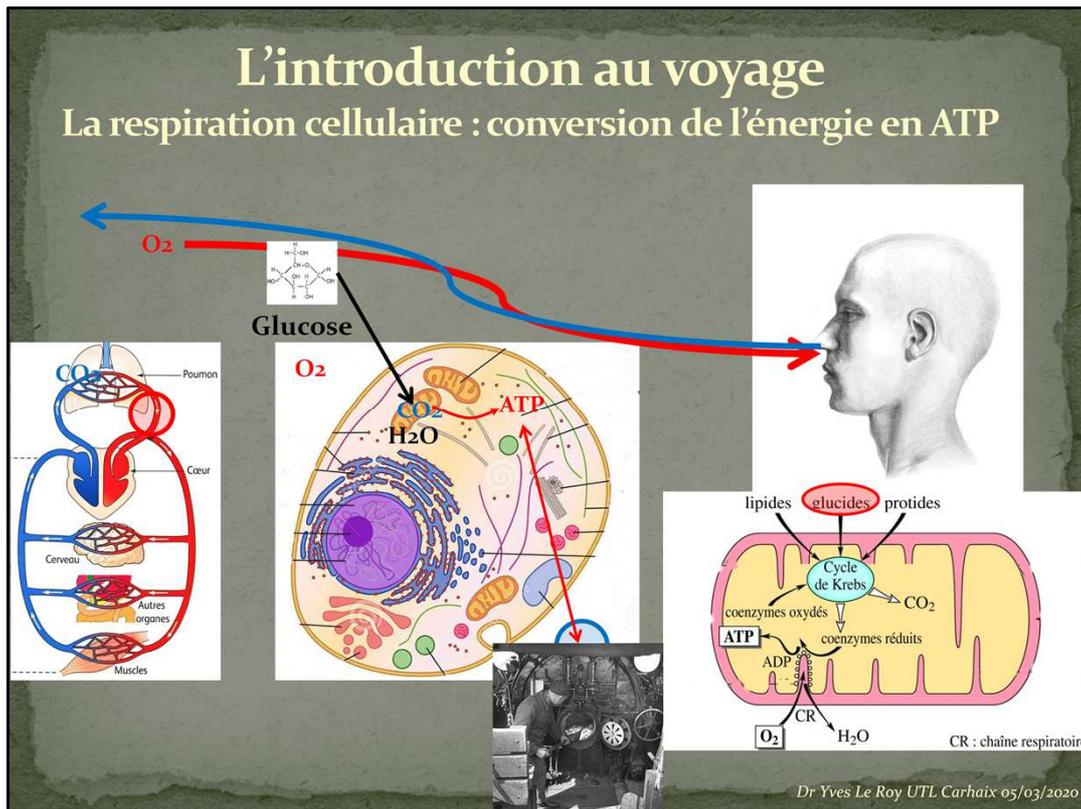
- Mort spontanée **Apoptose** : 70 milliards de cellules meurent chaque jour avec une durée de vie variable selon les tissus. Leur vie est programmée pour mourir après un temps de vie déterminé : si les cellules de l'intestin se renouvellent tous les 5 jours, celles du cœur ou du cerveau sont réputées vivre presque aussi longtemps que le corps lui-même. L'**APOPTOSE** et se déroule sans drame ni inflammation.

- Mort provoquée par une agression due à une infection virale ou microbienne ou à l'introduction dans le corps d'une substance toxique (Alcool par exemple). La cellule va subir alors un processus de **NECROSE** qui s'accompagne d'une réaction inflammatoire destinée à éliminer les débris de la cellule morte.

Le fonctionnement naturel d'une cellule est la **synthèse des protéines** selon la partie du code génétique qui lui est dévolue.

Dans le noyau, les chromosomes sont constitués d'une double hélice d'ADN (Acide Désoxyribonucléique) qui est lui-même séquencé en gènes.

Le code génétique du gène correspondant à une protéine donnée va être dupliqué sur un brin d'ARN messager (Acide Ribonucléique) qui va se fixer sur le ribosome du cytoplasme dont le rôle est de tisser la construction de la chaîne de protide voulue qu'il s'agisse d'une hormone, d'un enzyme ou d'un constituant cellulaire dans le cadre du renouvellement et de la croissance des cellules.



Dia 16 L'introduction au voyage :
La respiration cellulaire : conversion de l'énergie en ATP

Lors de la respiration, le dioxygène de l'air inhalé est chargé dans la circulation pulmonaire par l'hémoglobine des globules rouges.

L'oxygène est ainsi transporté par la circulation sanguine vers les organes et les tissus.

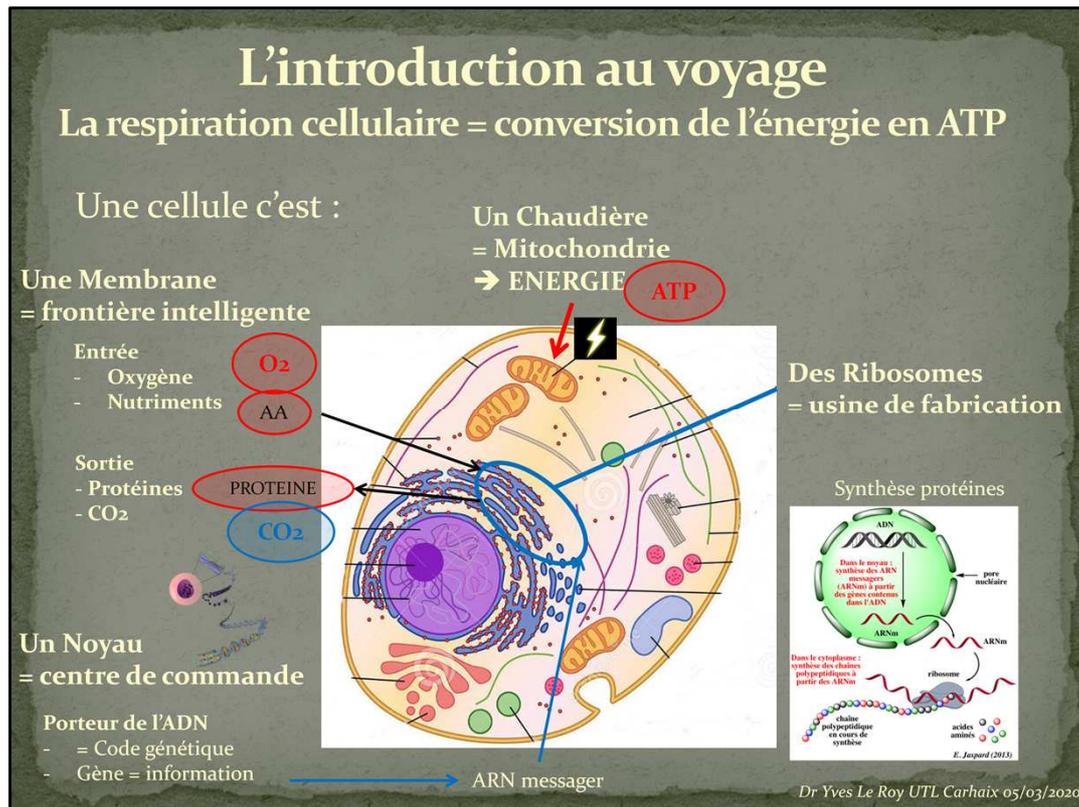
Dans les capillaires, en proximité de la membrane cellulaire, l'oxygène va rentrer dans la cellule puis dans la mitochondrie.

A ce niveau l'oxydation du Glucose – carburant - aboutit à la production d'énergie pour la cellule sous forme d'ATP et de « déchets » constitués par des molécules de gaz carbonique (CO₂ Dioxyde de carbone) et d'eau (H₂O).

Le CO₂ est repris en charge par l'hémoglobine, débarrassée de son oxygène, et transporté dans la circulation pulmonaire puis évacué dans l'expiration.

Les molécules d'eau seront également évacuées par la respiration sous forme de vapeur d'eau visible lorsque l'on expire devant une glace.

L'ATP correspond à l'énergie dégagée par la combustion du charbon dans la chaudière de la locomotive sous forme de chaleur.

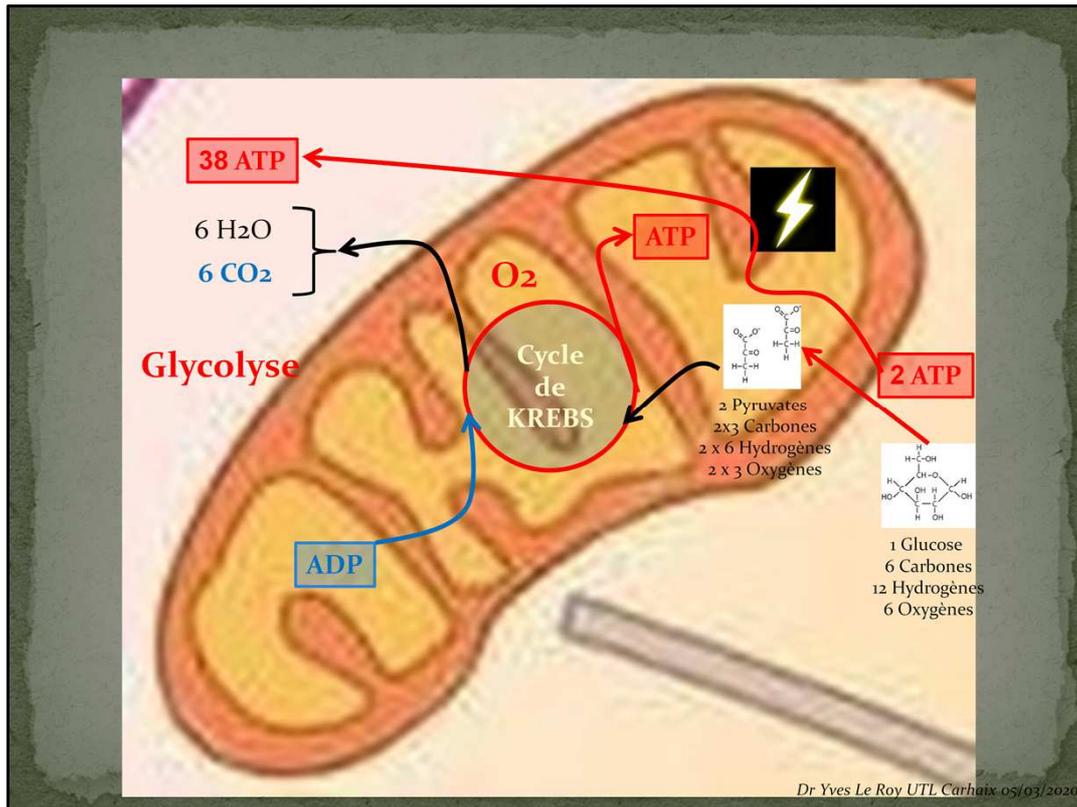


Dia 17 L'introduction au voyage :

La respiration cellulaire : conversion de l'énergie en ATP

Une cellule est constituée par :

- Une **membrane** qui
 - * laisse entrer les nutriments issus de la digestion en particulier le Glucose, carburant de la cellule et l'oxygène transporté par l'hémoglobine des globules rouges;
 - * laisse sortir les produits du métabolisme synthétisés par la cellule (Enzymes, Hormones etc...) ainsi que les déchets du métabolisme en particulier le gaz carbonique (CO₂) généré par la dégradation du Glucose, carburant de la cellule.
- Un **noyau**, bibliothèque de nos gènes qui va transmettre les informations du code génétique à une molécule appelée « ARN messenger ».
- Des **ribosomes**, usines de fabrication des protéines qui sont des organites du cytoplasme de la cellule chargés de décrypter le message de l'ARN messenger et de guider l'assemblage des acides aminés pour fabriquer les protéines.
- Des **mitochondries** qui sont les chaudières de la cellule chargées de récupérer l'oxygène et de terminer la dégradation du Glucose – carburant - en produisant de l'énergie laquelle sera stockée dans des molécules d'**ATP** pour un usage ultérieur en grande partie pour fabriquer des protéines.



**Dia 18 L'introduction au voyage :
La respiration cellulaire et conversion de l'énergie en ATP**

Au cœur de la chaudière cellulaire, la production d'énergie découle d'une combustion du Glucose par l'oxygène en 2 étapes : c'est la GLYCOLYSE

La 1^{ère} étape dans le cytoplasme va permettre de scinder la molécule de glucose (6 Carbones, 12 Hydrogènes, 6 Oxygènes) en 2 molécules de Pyruvate comprenant chacune 3 Carbones, 6 Hydrogènes et 3 Oxygènes; l'énergie libérée est stockée dans 2 molécules d'ATP.

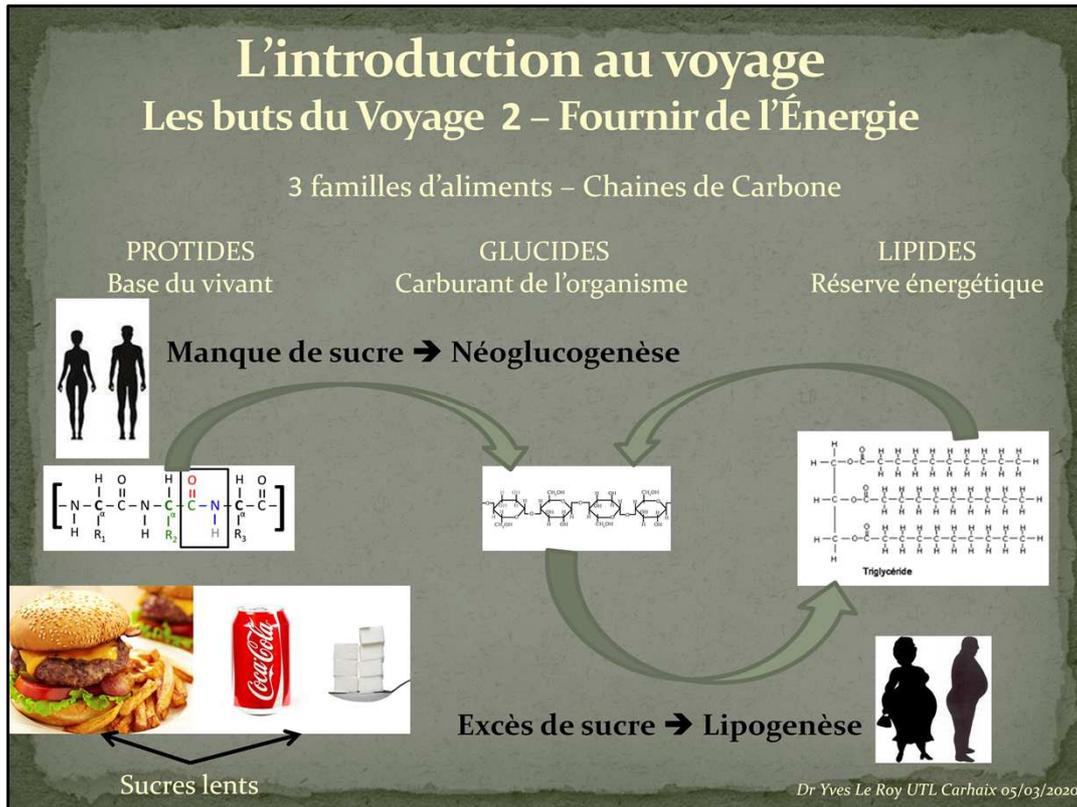
La 2^{ème} étape se produit dans la mitochondrie : les 2 molécules de pyruvates (3 carbones, 6 Hydrogènes, 3 oxygènes) vont subir une série de réactions chimiques faisant intervenir divers enzymes dans une voie métabolite fondamentale appelée « CYCLE DE KREBS ».

Le résultat en est la dégradation complète de la chaîne de carbone initiale avec production de 36 nouvelles molécules réserve d'énergie ATP.

La production d'ATP provient de l'apport, grâce à l'oxygène, d'un 3^{ème} radical phosphorylé à une molécule d'ADP.

Au final la production d'énergie par la combustion d'une molécule de Glucose (C6H12O6) est de 38 molécules d'ATP constituant la réserve d'énergie pour tous les métabolismes de la cellule.

Il y a production concomitantes de déchets à évacuer à savoir 6 molécules de dioxyde de carbone (CO2) et 6 molécules d'eau (H2O) qui seront expulsées de la cellule.



Dia 19 L'introduction au voyage : quels en sont les buts ? 2 – Fournir de l'Énergie au corps

La fourniture d'énergie est tellement essentielle que le corps dispose d'un mécanisme de régulation destiné garantir en permanence une fourniture suffisante d'énergie aux cellules sous forme de Glucose pour mener à bien les métabolismes.

Ce mécanisme permet la transformation des aliments autres que les glucides, c'est-à-dire les protides et les lipides en sucre simple dont le glucose.

En cas de manque de sucre, les lipides et les protides vont se transformer en glucose par une série de réactions chimiques appelée **NEOGLYCOGÉNÈSE**.

C'est ainsi que la pratique régulière d'une activité sportive, en consommant en abondance le sucre de l'organisme va inciter ce dernier à puiser dans les réserves de graisse pour les transformer en sucre : d'où la diminution de la masse grasseuse et l'amincissement du corps.

Dans les épisodes de famines, au contraire, après la fonte des graisses, l'organisme va puiser son carburant dans les protéines des muscles ce qui aboutit à une fonte musculaire et une cachexie.

En cas d'excès d'apport de sucres par rapport aux besoins, à l'inverse, le sucre est transformé en graisse par une suite de réactions chimiques appelée **LIPOGÉNÈSE**.

Ce dispositif est responsable de l'épidémie d'obésité constatée depuis 2 décennies sur le plan mondial. La responsabilité d'une alimentation privilégiant les sucres lents est réelle : c'est la génération « Mac Donald's » grande consommatrice de Hamburger composés en grande partie de Sucres lents : pain brioché sucré et enrichi en lipide. L'accompagnement fréquent de pommes de terre frites qui sont également des féculents aggrave le processus ainsi que la consommation immodérée de boissons excessivement sucrées.

L'introduction au voyage

Valeur énergétique du sandwich

1g Protides → 4 Kcal 1g Glucides → 4 Kcal 1g Lipides → 9 Kcal

Sandwich 210g → 466 Cal

Protides 29g → 116 Kcal Glucides 59,5g → 237 Kcal
Lipides 12,5g → 113 Kcal Eau 109g → 0 Kcal

Apports Energie quotidien
au corps humain

2500 Kcal : 2000 ♀ - 2700 ♂

Pain 100g → 275 Kcal

- Protides 8,5g → 34 Kcal
- Glucides 58g → 232 Kcal
- Lipides 1g → 9 Kcal
- Eau 32 g → 0 Kcal



Jambon 45g → 109 Kcal

- Protides 20g → 80 Kcal
- Glucides 0,5g → 2 Kcal
- Lipides 3g → 27 Kcal
- Eau 21,5 g → 0 Kcal

Salade 50g → 6,5 Kcal

- Protides 0,5g → 2 Kcal
- Glucides 0,9g → 3,6 Kcal
- Lipides 0,1g → 0,9 Kcal
- Eau 48,5g → 0 Kcal



Beurre 15g → 75 Kcal

- Lipides 8,4g → 75 Kcal
- Eau 1,6 g → 0 Kcal

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 20 L'introduction au voyage : Valeur énergétique du sandwich

On connaît la valeur énergétique de chacune des catégories de nutriments, c'est-à-dire la quantité d'énergie qu'ils apportent à l'organisme.

Si 1 gramme de Protéine et 1 gramme de Glucide apportent 4 Kcal chacun, 1 gramme de Lipide apporte pour sa part 9 Kcal.

La diapositive détaille les apports de chaque partie du sandwich ce qui correspond à un total de 466 Kcal. Cela représente moins du quart de l'apport calorique souhaitable pour une journée, **il faudra compléter !**

L'introduction au voyage

Aliments non énergétiques

Sandwich 210g → 466 Cal

Protides 29g → 116 Kcal	Glucides 59,5g → 237 Kcal
Lipides 12,5g → 113 Kcal	Eau 109g → 0 Kcal





SELS MINÉRAUX = Substances provenant des Roches
Présence dans les aliments d'origine animale ou végétale
Interviennent sous forme d'ions dans tous les métabolisme

Macroéléments
Présence en grande quantité

- Anions : Na⁺, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺,
- Cations : P³⁻, ...

Sels minéraux
= 2 grands ensembles

Oligo-éléments
Présence quantité infinitésimale

Fe³⁺, Cu²⁺, F⁻



Le chlorure de sodium NaCl
intervient dans la régulation de l'eau

Besoins quotidiens en EAU
♀ 1600 ml ♂ 2000 ml
En + de l'eau des aliments



L'eau représente 60%
de la masse du corps
humain
42 litres pour 70 kg (♂)

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 21 L'introduction au voyage : Aliments non énergétiques

Une petite fraction des aliments ingérés sont des **éléments non énergétiques** mais qui sont indispensables dans tous les métabolismes et dans l'équilibre hydrique de l'organisme.

Les **sels minéraux** sont des éléments provenant des roches et qui sont présents dans tous les aliments d'origine végétale ou animale.

Ils interviennent sous forme d'ions qui sont des atomes ayant perdus ou gagnés un ou plusieurs électrons dotés d'une charge électrique négative :

- Ions positifs appelés Anions : le nombre de protons positifs y est supérieur à celui des électrons – exemples : sodium (Na⁺), calcium (Ca⁺⁺), magnésium (Mg⁺⁺) etc...
- Ions négatifs appelés Cations : le nombre de protons positifs y est inférieur à celui des électrons – exemples : Chlore (Cl⁻), Fluor (F⁻), Phosphore (P³⁻) ...

Le chlorure de sodium (NaCl) intervient dans la régulation de la répartition de l'eau, en particulier entre l'intérieure et l'extérieure des cellules.

Les besoins en eau sont importants de 1600 à 2000 ml en plus de l'eau contenu dans les aliments. Cette quantité est bien sûr variable selon les conditions de température extérieure et d'activité.

La proportion d'eau dans le corps humain est de 60% soit 42 litres pour une personne de 70 kg.

L'introduction au voyage

Aliments non énergétiques

Sandwich 210g → 466 Kcal	
Protides 29g → 116 Kcal	Glucides 59,5g → 237 Kcal
Lipides 12,5g → 113 Kcal	Eau 109g → 0 Kcal





VITAMINES = molécules organiques indispensables aux métabolismes
mécanismes enzymatiques
synthèse des Protides, Glucides, Lipides, acides nucléiques, hormones ...
L'alimentation doit obligatoirement en réaliser l'apport

13 ensembles de Vitamines
Répartis en 2 groupes

Vitamines Hydrosolubles Non stockables
Carence possible

- Vitamines B 1, B2, B 3 (PP), B5, B6, B8 (H), B9, B12
- Vitamine C

Vitamines Liposolubles Stockables dans les graisses
Pas de carence mais risque d'hypervitaminose

- Vitamine A, D, E
- Vitamine K

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 22 L'introduction au voyage : Aliments non énergétiques

Les **vitamines** sont des molécules indispensables à l'organisme qui interviennent dans les réactions enzymatiques des différentes synthèses : synthèses des protéines, des glucides, des lipides, des hormones, des acides nucléiques etc...

Les 13 vitamines sont répertoriées selon les lettres de l'alphabet et classées en 2 ensembles:

- **Les vitamines hydrosolubles** qui ne peuvent pas être stockées dans l'organisme, donc une carence est possible en l'absence d'apport prolongé : une carence en vitamine C, induite par une alimentation excluant de manière prolongée légumes verts et fruits, entraîne une maladie appelée Scorbut fréquente à l'époque des grandes découvertes maritimes;

- **Les vitamines liposolubles** qui peuvent être stockées dans les graisses, donc une carence est moins à craindre qu'un désordre induit par une trop grande concentration en cas d'excès d'apport. Il faut se méfier d'un excès d'apport de vitamine D qui pourrait être responsable de troubles gastro-intestinaux.

Le voyage d'un sandwich

Un voyage dans le temps : Qu'est-ce que la VIE ?

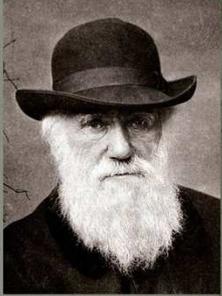
Jean Baptiste Lamarck
(1744-1829)



« Un organisme vivant est un corps qui forme lui-même sa propre substance à partir de celle qu'il puise dans le milieu » *

De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle:

« J'ai donné à ce principe en vertu duquel une variation, si insignifiante qu'elle soit, se conserve et se perpétue si elle est utile »



Charles DARWIN
(1809 – 1882)

* JB Lamarck . Philosophie zoologique, 1809, IIe partie, chapitre VII.
** Darwin Charles. On the origin of species, by means of natural selection, 1859.

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 23 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Qu'est-ce que la Vie ?

Le biologiste Français Jean Baptiste Lamarck a le premier émis l'idée, à la fin du XVIII^{ème} siècle d'une transformation des espèces au fil du temps.

Pour lui un organisme vivant est « un corps qui forme lui-même sa substance à partir de celle qu'il puise dans le milieu ».

C'est Charles Darwin qui a imposé en 1859 l'idée que toutes les espèces vivantes procédaient d'une lente adaptation de leur morphologie destinée à s'adapter au milieu dans lequel elle vivent.

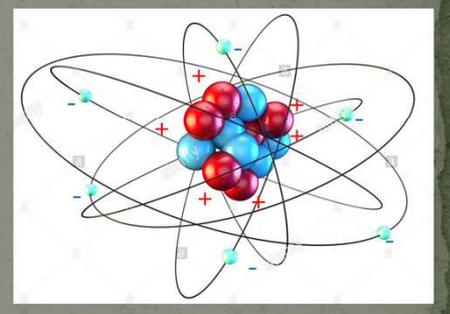
L'adaptation est centrée sur la nécessité d'un apport adapté de nourriture nécessaire à la survie.

Ainsi est né la théorie de l'évolution des espèces qui impliquait une origine commune à toutes les espèces vivantes avec une transformation progressive avec le temps de ces espèces aboutissant à la diversité que l'on connaît sur la Terre aujourd'hui.

L'introduction au voyage

Un voyage dans le temps : un retour en arrière s'impose !

Tous les êtres vivants hébergés sur la Terre
Sont constitués d'Atomes



Noyau

- Protons Charge électrique +
- Neutrons Charge électrique = 0

Nuage d'électrons

- Electrons Charge électrique -

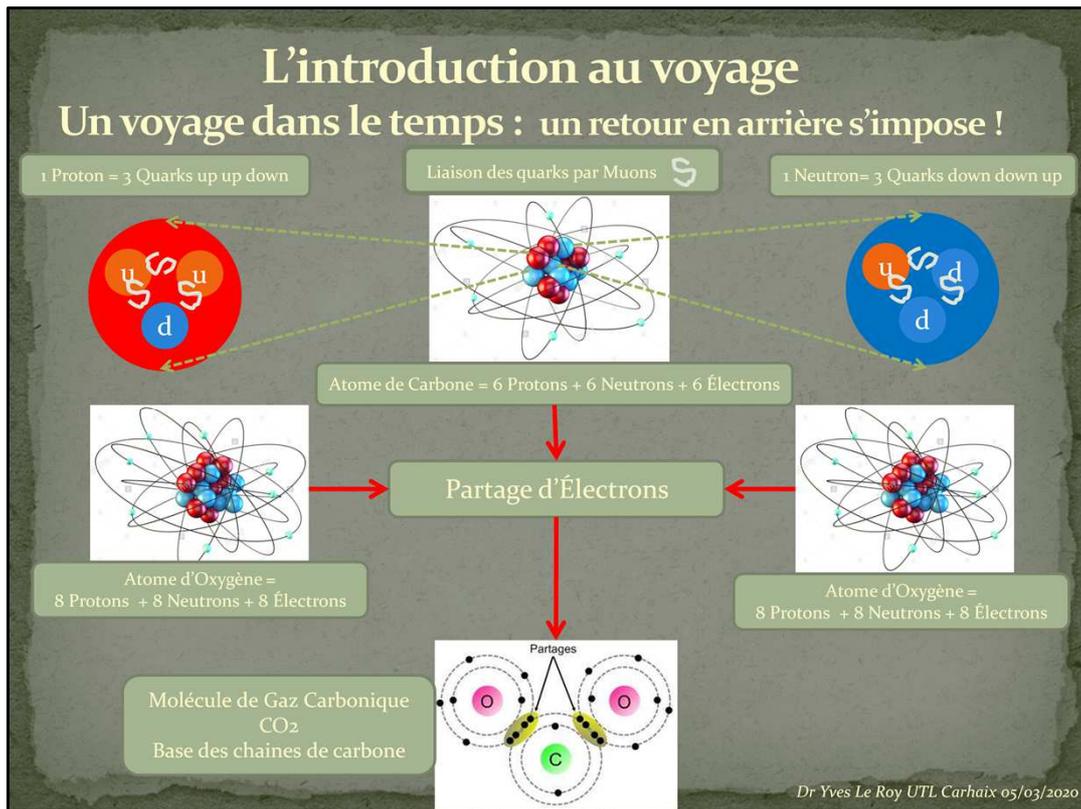
Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 24 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Un retour en arrière s'impose !

Tous les êtres vivants hébergés sur Terre, ainsi que la matière composant notre Terre elle-même et son atmosphère sont constitués d'atomes.

Chaque atome est constitué par un noyau comportant un nombre égale de particules :

- les protons portant une charge électrique positive et les neutrons qui sont électriquement neutres,
- Les électrons tournant en couches multiples autour du noyau et qui portent chacun une charge électrique négative : ils sont donc en nombre égal au nombre des protons du noyau. Un électron en moins transforme l'atome en ion positif ou anion; un électron en plus transforme l'atome en ion négatif ou cation.



Dia 25 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Un retour en arrière s'impose !

Les protons et les neutrons sont eux-mêmes formés par des particules élémentaires dénommées Quarks réunis par des « Muons ».

Ces particules obéissent à des lois physiques complètement différentes de celles de la Physique classique : leur domaine s'appelle la mécanique quantique qui analyse les interactions entre énergie, lumière et matière à l'échelle subatomique.

Les atomes ont une forte propension à partager certains de leurs électrons pour former des Molécules. Celles-ci sont à la base de la constitution de la matière vivante ou inanimée.

Ainsi 2 atomes d'oxygène vont avoir tendance à partager chacun 4 électrons avec un atome de Carbone pour former le Dioxyde de carbone ou CO_2 . Cette molécule est à la base de toutes les chaînes de carbone qui constitue les êtres vivants.

L'introduction au voyage

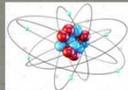
Un voyage dans le temps : Qu'est-ce que la VIE ?

C'est une association de 4 atomes → **CHON**





9 000 000 000 ans



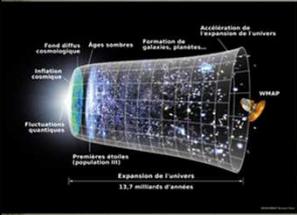
CARBONE
6 protons +
6 électrons -
6 neutrons



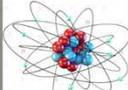
180 000 000 ans



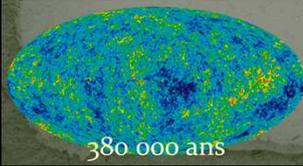
HYDROGENE
1 proton +
1 électron -



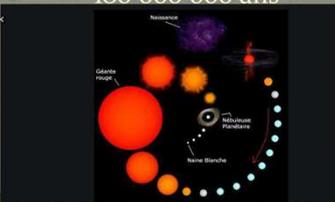
13,7 milliards d'années

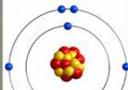


OXYGENE
8 protons +
8 électrons -
8 neutrons



380 000 ans





AZOTE
7 protons +
7 électrons -
7 neutrons

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 26 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Qu'est-ce que la Vie ?

Le beau tableau de Gustav Klimt « L'arbre de vie » (1909 - Palais Stoclet Bruxelles) est choisi ici pour représenter l'évolution de la vie qui s'apparente à un arbre dont les racines ne sont constituées que de 4 atomes pré-nommés les CHON :

- Le Carbone (6 protons, 6 électrons, 6 neutrons),
- L'Hydrogène (1 proton, 1 électron),
- L'Oxygène (8 protons, 8 électrons, 8 neutrons),
- L'Azote (7 protons, 7 électrons, 7 neutrons).

L'hydrogène est l'élément le plus présent en masse dans l'univers puisqu'il représente 74% de la matière connue, suivi de l'Hélium (2 protons) 24%. L'Oxygène ne représente que 1%, le Carbone 0,5% et l'Azote 0,1%.

Ces atomes proviennent des étoiles comme le prouvent les découvertes astrophysiques issues des différentes missions qui se sont succédé de 1989 à 2013 (satellites COBE, WMAP, PLANCK). Ces missions avaient pour objet de photographier le « fond cosmologique diffus de l'univers » qui est le rayonnement fossile issu du Big Bang (-13,8 Mds années).

Ce rayonnement électromagnétique est une photo de l'univers tel qu'il existait 380 000 ans après le Big Bang.

L'univers primordial qui suit la singularité (Big Bang) est un concentré d'énergie d'une densité et d'une température gigantesque dont l'inflation va le faire passer, en 10^{-32} secondes, de la taille d'un cheveu à celui d'une galaxie (Cécile Renaud CERN). A la faveur de la baisse de température, l'énergie se désagrège en une soupe de particules élémentaires électrons, quarks, photons etc... Les premières fusions nucléaires font apparaître les atomes simples Hydrogène, Hélium formés respectivement de 1 et 2 protons et d'un nombre égal d'électrons.

380 000 ans après le Big Bang, l'univers cesse d'être opaque et que l'on peut observer le rayonnement émis par l'univers à cette époque qui correspond au début de l'organisation de la matière. Les nuages de gaz formés en majorité d'hydrogène vont se densifier sous l'action des forces de gravitation et les premières étoiles vont apparaître 180 millions d'années après le Big Bang.

Ces étoiles sont des usines à fusion thermonucléaire. Elles vont continuer à fabriquer d'abord des atomes légers à 3, 4 ou 5 protons : Béryllium, Lithium, Bore.

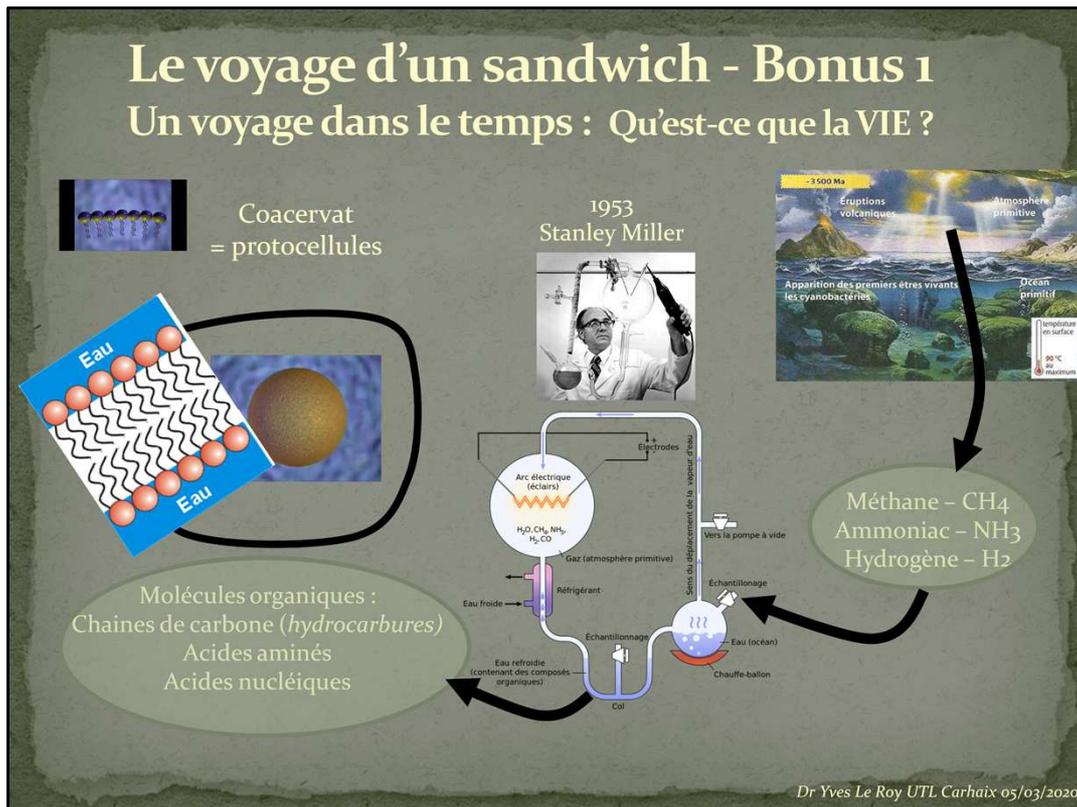
La densification de la matière aboutit à la formation d'étoiles géantes qui vont former, toujours par fusion thermonucléaire, des atomes plus lourds dont le carbone, l'azote et l'oxygène, les 3 autres atomes de la vie après l'Hydrogène. Plus tard dans la vie des étoiles vont être formés les éléments les plus lourds dont la plupart des métaux : le Fer, le Cobalt, le Plomb, l'Or, l'Uranium.

À la fin de sa vie, l'étoile géante rouge va exploser en « super novæ », disséminant dans l'espace les atomes qu'elle a créés.

Le soleil notre étoile est une étoile née il y a 4,7 milliard d'année en périphérie de sa galaxie, la Voie Lactée. Elle est donc relativement jeune par rapport au Big Bang qui l'a précédé de plus de 8 milliards d'années.

Autour du soleil, des masses de matière se sont progressivement agrégées en planètes.

Notre Terre située à 150 millions de kilomètres du soleil était en position idéale pour son ensemencement en eau et en atomes et particules de la vie peut être apportées, entre autres, par des comètes.



Dia 27 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Qu'est-ce que la Vie ?

En 1953, le biologiste et chimiste Stanley Miller de l'université de San Diego en Californie, a eu l'idée de reproduire en laboratoire les conditions de l'apparition des premières molécules organiques dans l'océan primitif de la Terre il y a 3,5 milliards d'Années.

Il a mélangé dans un ballon d'eau différents gaz supposés constituer l'atmosphère de cette époque : du Méthane (CH₄), de l'Ammoniac (NH₃), du Dihydrogène (H₂).

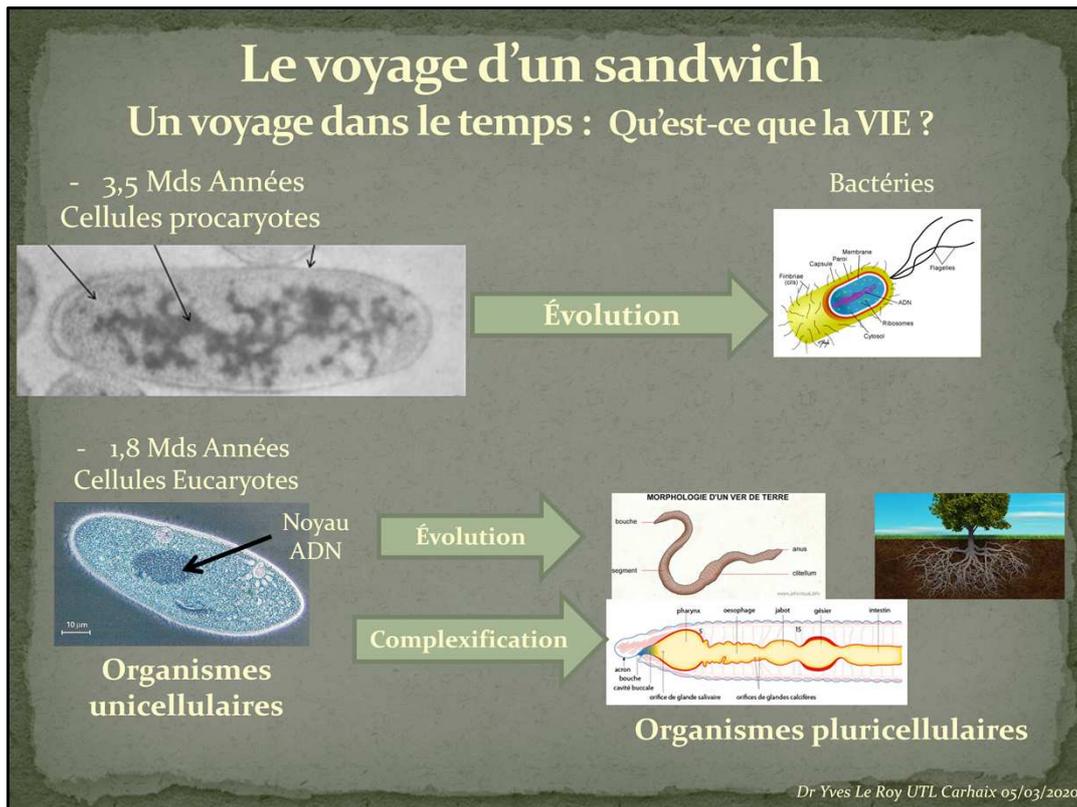
Le mélange est chauffé et les vapeurs soumises à des éclairs produits par un arc électrique.

Au bout de plusieurs jours des molécules organiques vont apparaitre dont des hydrocarbures (Chaines de carbone), des acides aminés (13 des 22 acides aminés constituant les protéines de la vie), et des acides nucléiques.

Le processus initial est certainement plus complexe et doit tenir compte de la présence en abondance de gaz carbonique dans l'atmosphère, gaz produit par l'activité volcanique importante de cette époque.

Ces molécules organiques dont les acides nucléiques vont être progressivement isolées de l'extérieur par des membranes constituées par 2 couches de Phospholipides : ces molécules sont formées par des acides gras non solubles dans l'eau (hydrophobes) et un pôle phosphorique soluble (hydrophile).

Ainsi vont naître les premières protocellules appelées « COACERVAT » qui vont se diviser par duplication de leur acide nucléiques et donneront naissance aux bactéries.



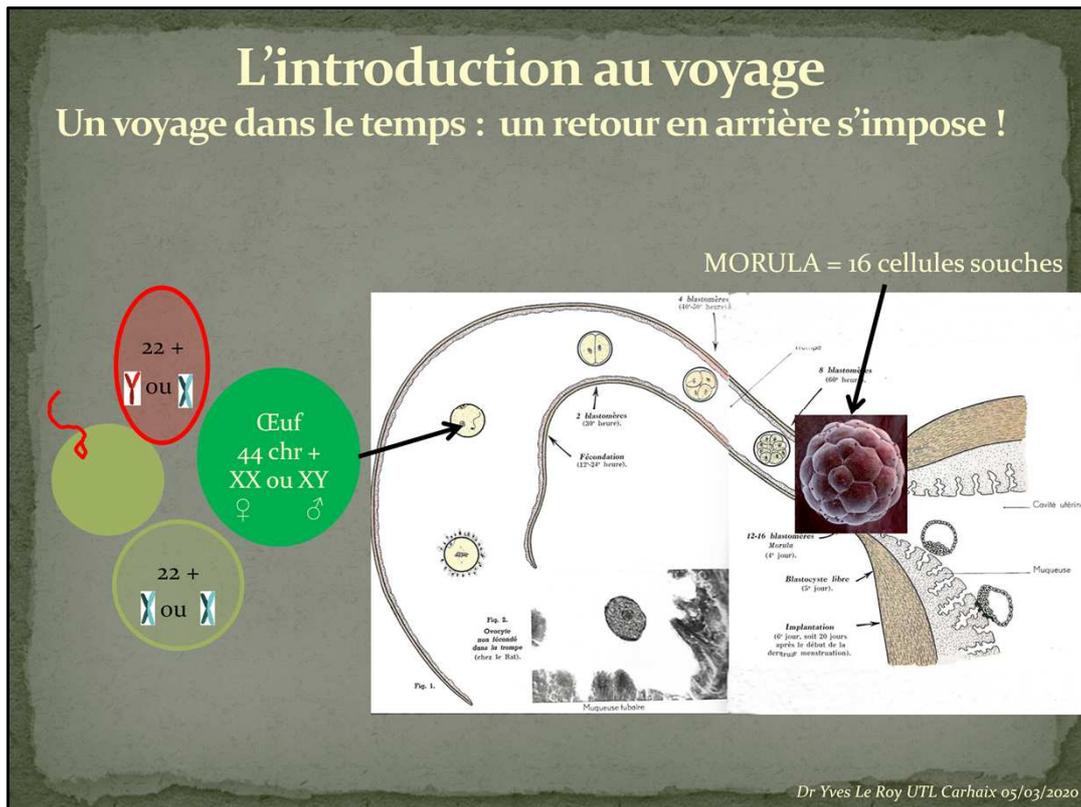
Dia 28 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Qu'est-ce que la Vie ?

Il y a 3,5 Milliards d'années sont ainsi apparues les cellules « PROCARYOTES » dépourvues de noyau. Elles vont évoluer vers les bactéries qui vivent toujours avec nous comme Echerichia Coli ici représentée.

Vers moins 1,8 Milliards d'années le matériel génétique (ADN) va être isolé dans la cellule par une nouvelle membrane pour constituer le noyau : ce sont des cellules « EUCARYOTES » qui vivent toujours avec nous comme la paramécie.

L'évolution va réunir des cellules entre elles pour constituer des organismes pluricellulaires, végétaux et animaux dont nous sommes issus.

Alors que les organismes unicellulaires puisaient leur nourriture directement dans le milieu ambiant, les êtres pluricellulaires ont inventé un appareil spécial pour absorber l'a nourriture indispensable à leur fonctionnement : c'est l'appareil digestif dans le règne animal et le système racinaire dans le règne végétal.



Dia 29 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Un retour en arrière s'impose

Nous sommes tous issus de la rencontre de 2 gamètes :

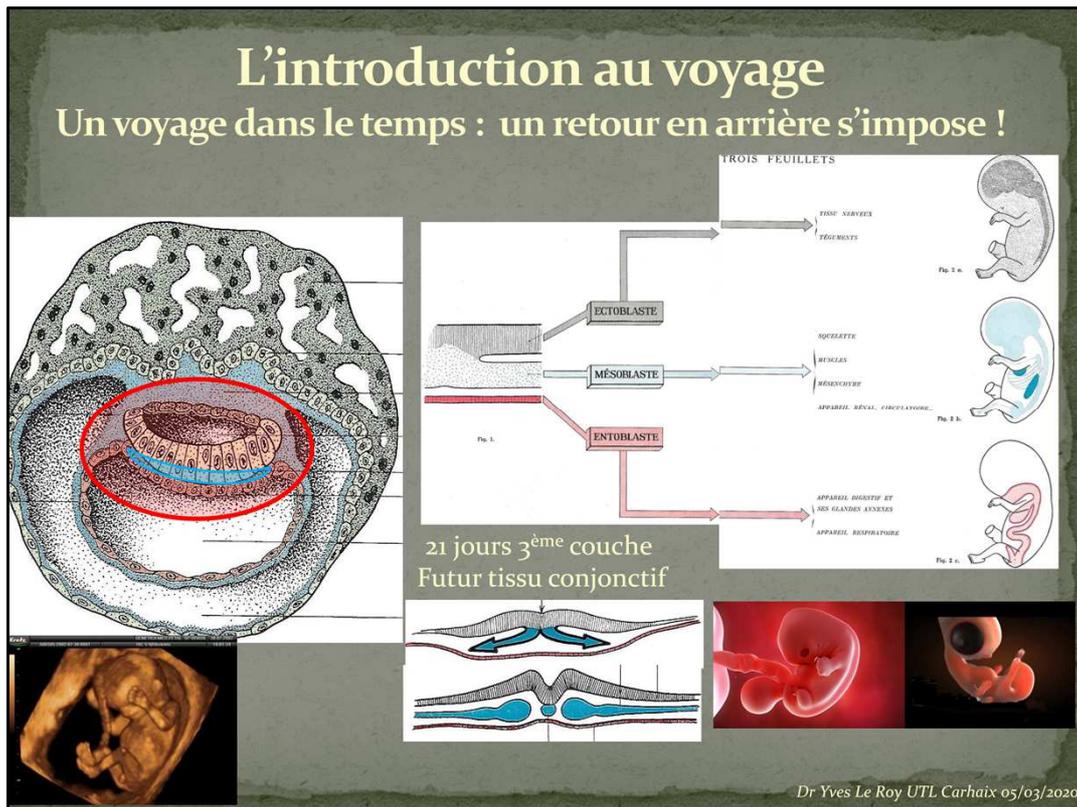
Une dotation de notre père - un spermatozoïde doté de 23 chromosomes dont un chromosome sexuel « Y » ou « X »;

Une dotation de notre mère – un ovule doté de 23 chromosomes dont un chromosome sexuel « X »

Cette fusion aboutit à un œuf comportant 46 chromosomes dont 2 chromosomes sexuels qui détermineront le sexe du futur bébé : XX pour une fille, XY pour un garçon.

A partir de la fécondation l'œuf va se développer dans un premier temps en se multipliant en cellules identiques dites « totipotentes » car elles permettraient chacune de développer un individu entier.

Ces divisions aboutissent en 4 jours à un stade appelé « Morula » qui comporte 16 puis 32 **cellules souches**.



Dia 30 Introduction au voyage : un voyage dans le temps Un retour en arrière s'impose

Au 6^{ème} jour, l'œuf va s'implanter et se différencier en 2 parties

- l'une deviendra l'embryon
- L'autre deviendra les enveloppes de l'embryon dont le placenta qui s'accroche à la muqueuse utérine et développera les connexions de vaisseaux pour chercher la nourriture dans la circulation sanguine maternelle.

Le futur embryon est d'abord constitué de 2 couches de cellules comme on le voit cerclé en rouge sur le schéma :

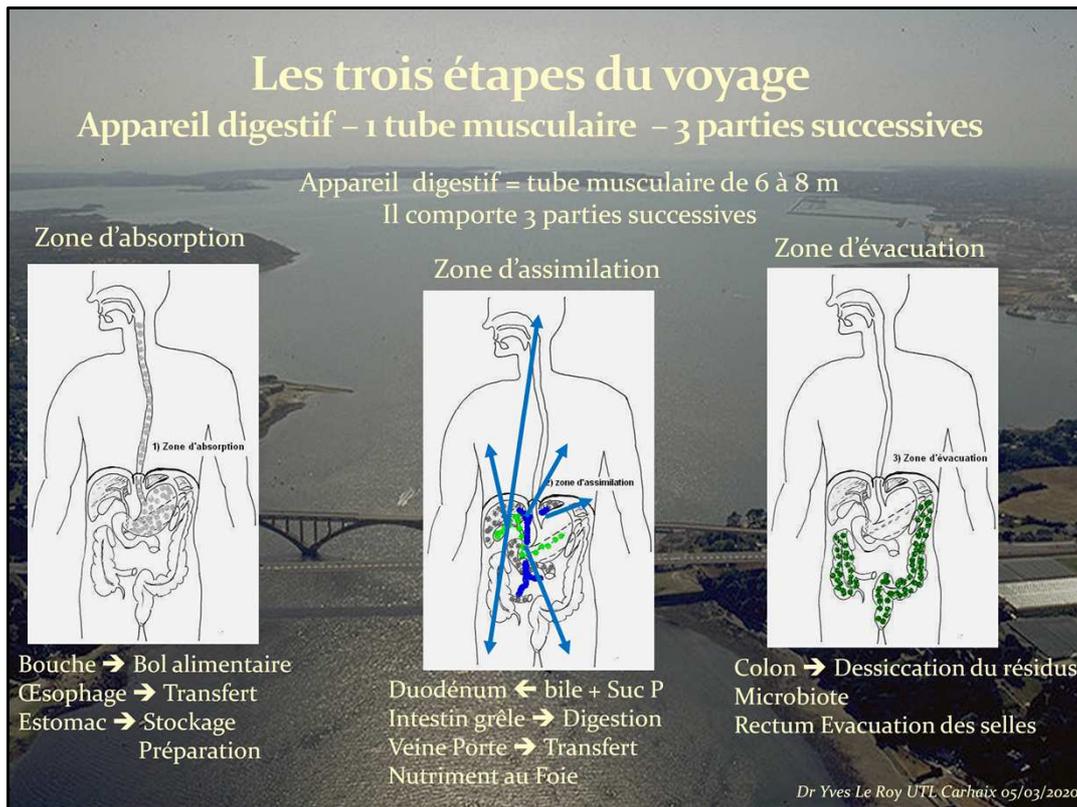
- L'ECTOBLASTE qui donnera la peau et le tissu nerveux,
- L'ENDOBLASTE qui donnera la membrane interne du futur tube digestif et toutes ses glandes annexes dont le foie, ainsi que l'appareil respiratoire,

À la troisième semaine de vie embryonnaire, la couche ectoblaste s'invagine pour former une 3^{ème} couche de cellules appelée MESOBLASTE ; cette couche est destinée à former le tissu de soutien ou tissu conjonctif du bébé. C'est ici que se formera le squelette, les muscles, les tissus pulmonaire, rénal etc...

À 3 mois, le bébé est complet, on peut visualiser son sexe à l'échographie, il n'a plus qu'à grandir suffisamment pour sortir à l'air libre et vivre sa vie.

En complément la diapositive montre une photo comparant à gauche un embryon humain de 6 semaines et à droite un embryon de poulet d'une semaine, tous deux à un stade similaire.

On ne peut être que frappés de la similitude des développements embryonnaires de ces 2 espèces ce qui conforte les théories de l'évolution de Darwin et contredit le mythe créationniste qui reste pourtant soutenu par 75% des habitants d'Arabie Saoudite et 40% des citoyens des Etats Unis.



Dia 31 Les trois étapes du Voyage

Appareil digestif – 1 tube musculaire – 3 parties successives

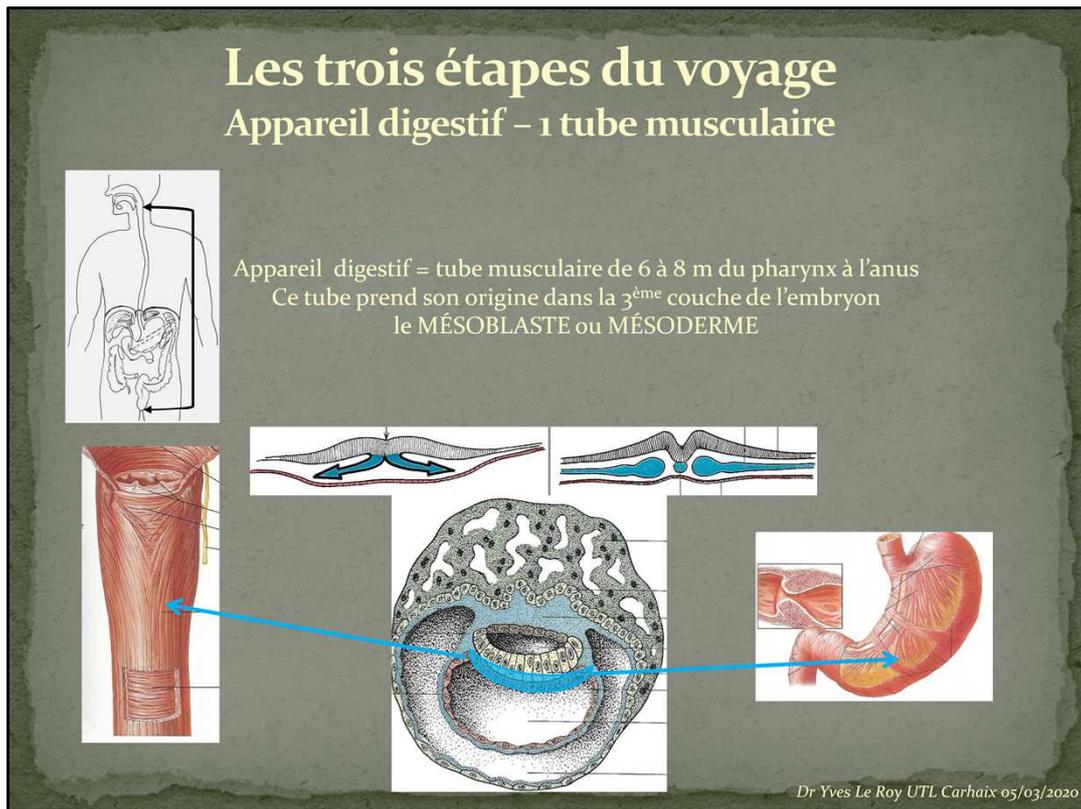
Le voyage du sandwich jambon – beurre – salade est un voyage en 3 étapes dans un tube musculaire de 6 à 8 mètres de long étendu de la bouche à l'anus.

La 1^{ère} partie, que l'on pourrait appeler « **Zone d'absorption** », comprend la mastication des bouchées dans la bouche puis la déglutition de ce que l'on appelle le « **Bol alimentaire** » après l'imprégnation de salive. S'ensuit la descente dans l'œsophage puis le stockage dans l'estomac où les aliments sont longuement brassés et la digestion amorcée et préparée par l'action du suc gastrique.

La 2^{ème} partie est la « **Zone d'assimilation** ». Le contenu digestif devient le « **chyme** ». L'estomac régule la sortie par le pylore de petites quantités de chyme qui arrivent dans le duodénum pour recevoir les sécrétions de bile et de suc pancréatique. C'est ici que commence véritablement la digestion des aliments en nutriments. Le chyme parcourt les 5 à 6 mètres de longueur de l'intestin grêle et les nutriments libérés par l'action des enzymes digestifs vont être captés par les villosités de la muqueuse intestinale pour être transférés vers le foie dans la volumineuse veine porte qui relie l'intestin au Foie.

C'est le foie qui est chargé de faire le tri et de transformer et de renvoyer dans l'organisme les nutriments. La 3^{ème} partie est une « **Zone d'évacuation** » dans laquelle le résidu de la digestion va être recueilli par le gros intestin appelé colon. Il va y être concentré, puis éliminé dans des conditions socialement acceptables par le rectum et l'anus. Au niveau du colon se loge la majeure partie de notre microbiote formé de 38 000 milliards de bactéries qui finalise le processus de digestion et dont on connaît maintenant le rôle essentiel dans le fonctionnement digestif, dans divers métabolisme et comme vecteur essentiel d'immunité en particulier chez l'enfant.

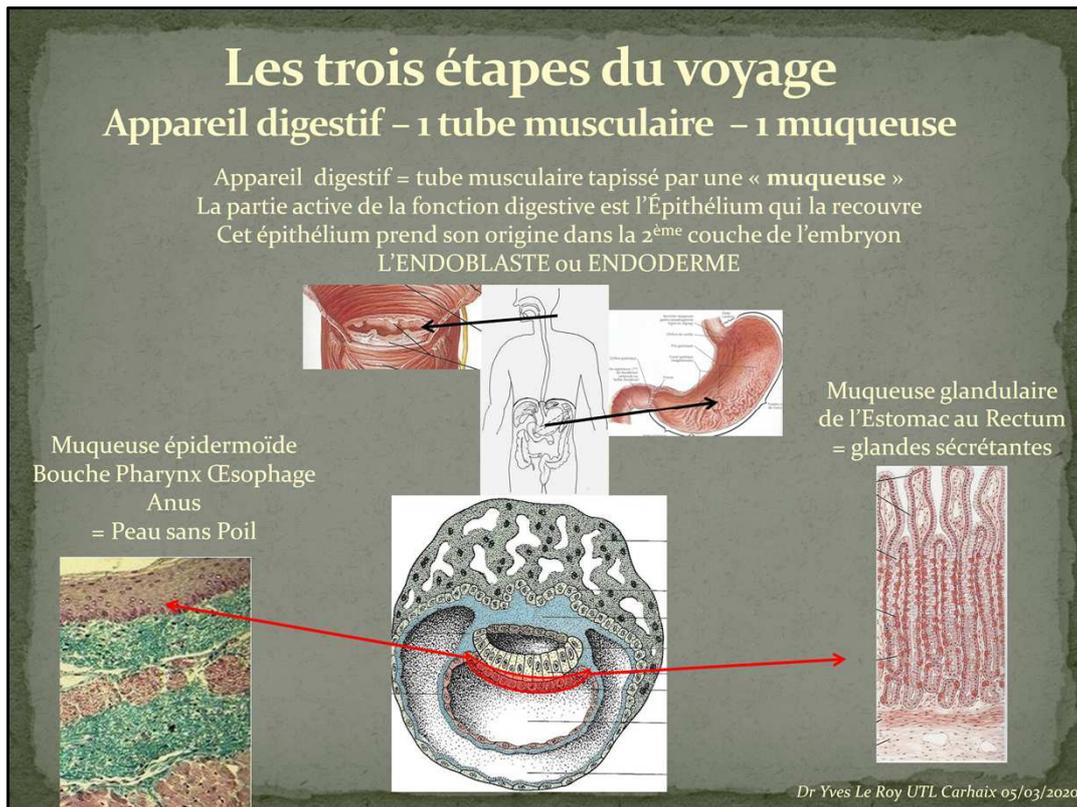
Le maintien de son équilibre peut être altéré par nos conditions de vie moderne (agression par les antibiotiques, déséquilibre des apports alimentaires).



Dia 32 Les trois étapes du Voyage

Appareil digestif – 1 tube musculaire – 3 parties successives

Le tube musculaire qui va transporter le contenu à digérer mesure de 6 à 8 mètres du pharynx à l'anus. Il prend son origine dans la 3^{ème} couche embryonnaire qui se forme à la 3^{ème} semaine de vie par invagination de l'ectoblaste. Cette couche s'appelle le mésoblaste et va se différencier, comme on l'a vu en 2 couches, l'interne circulaire et l'externe longitudinales. Entre les deux couches vont migrer des cellules nerveuses dont le rôle est de permettre la contraction successive de ces deux couches ce qui induit le péristaltisme et la progression harmonieuse du contenu.



Dia 33 Les trois étapes du Voyage

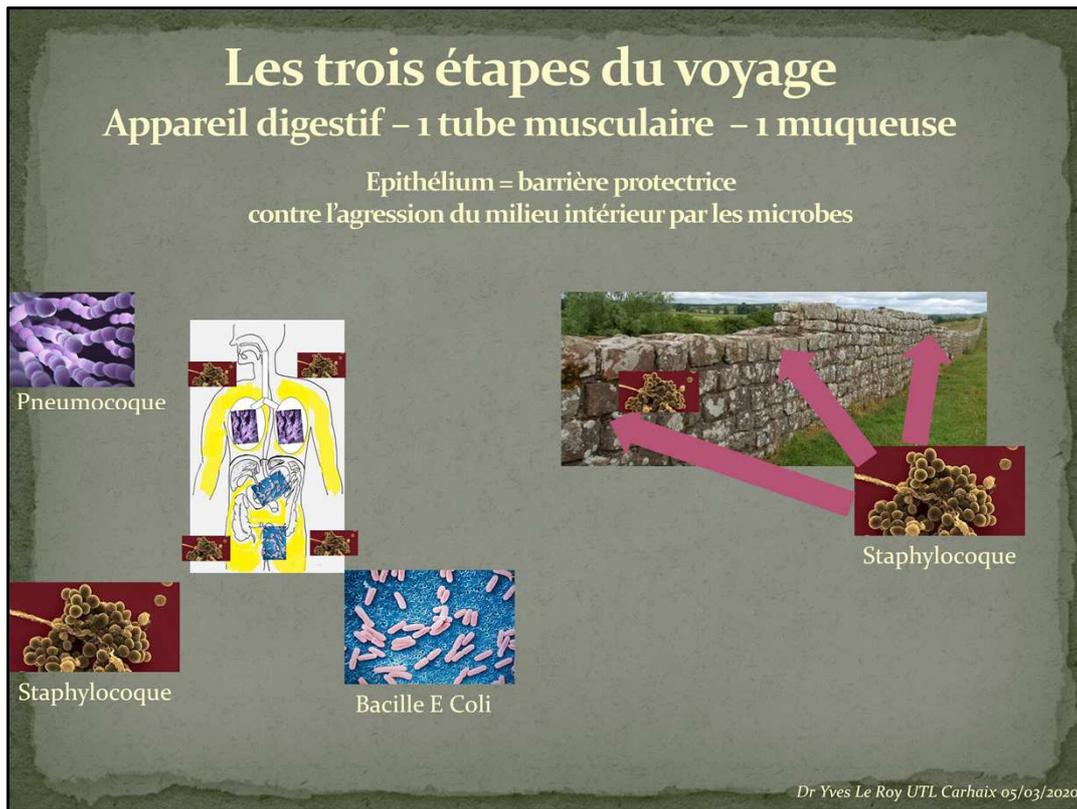
Appareil digestif – 1 tube musculaire – 1 muqueuse

Le tube musculaire de l'appareil digestif est tapissé par une membrane appelée « **muqueuse** ».
 La muqueuse est formée de tissu conjonctif qui est le support de l'**Épithélium** lequel constitue la partie active de la fonction digestive.
 Les épithéliums sont des assemblages de cellules qui constituent une barrière protégeant le corps des agressions microbiennes extérieures.

L'épithélium digestif est issu de la 2^{ème} couche de l'embryon appelée **endoblaste** ou **endoderme**. Il est de 2 natures différentes selon la zone de l'appareil digestif concerné :

- Épithélium « **épidermoïde** » : il tapisse la muqueuse de la bouche, du pharynx, de l'œsophage et ... de l'anus. Constitué de plusieurs couches de cellules se renouvelant à partir d'une couche basale, cet épithélium ressemble à la peau en étant de même nature à l'exclusion des poils et des glandes de la peau. Les cellules le constituant ne sont pas sécrétantes, elles n'ont aucune fonction dans le processus de digestion. La muqueuse à ce niveau est appelée muqueuse épidermoïde.
- Épithélium « **glandulaire** » : il tapisse la muqueuse de l'estomac au rectum. Cet épithélium n'est constitué que d'une seule couche cellulaire reposant sur la muqueuse. Les cellules le constituant sont toutes sécrétantes. Elles ont pour fonction de sécréter les **enzymes** permettant la digestion des aliments ainsi que des substances destinées à protéger l'épithélium et la muqueuse de l'agression de ces enzymes. Ces substances appelées « **MUCUS** » tapissent toutes les parties de l'appareil digestif qui serait menacées par l'action des sucs digestifs (enzymes mais également l'acide chlorhydrique de l'estomac ou les sécrétions alcalines du duodénum).

Une rupture d'équilibre entre les 2 types de sécrétions – sécrétions actives et sécrétions protectrices – pourra être responsable de lésions de la muqueuse (ulcérations) par où les microbes de l'intestin pourront infecter l'organisme. Cette rupture d'équilibre est la principale cause des maladies intestinales.

**Dia 34****Les trois étapes du Voyage****Appareil digestif – 1 tube musculaire – 1 muqueuse**

L'épithélium est une barrière protectrice empêchant les microbes d'atteindre le milieu intérieur et d'y provoquer une infection :

Les staphylocoques de la peau qui pourrait induire une infection des tissus mous;

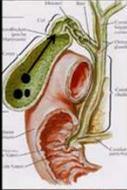
Les bacilles de l'intestin dont le redoutable Escherichia Coli qui pourraient provoquer des infections intestinales voire des péritonites par atteinte de la cavité entourant l'intestin;

Les pneumocoques susceptibles d'entraîner des infections pulmonaires, des pneumonies.

Les trois étapes du voyage

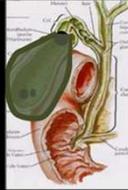
Appareil digestif – 1 tube musculaire – 1 muqueuse

Epithélium = barrière protectrice
contre l'agression du milieu intérieur par les microbes

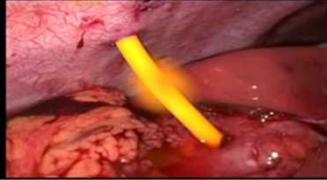


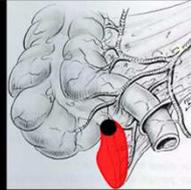
Lithiase Vésiculaire Biliaire
Si contraction vésicule
→ Blocage d'un calcul
CRISE COLIQUE HEPATIQUE





Lithiase Vésiculaire Biliaire
Si le blocage persiste
Les microbes de la bile
Se multiplient
Infection = CHOLECYSTITIS
→ Médicaments
→ Si inefficaces
→ Opération urgente





Un blocage
dans l'appendice
Les microbes
des matières fécales
se multiplient
Infection =
APPENDICITE
Médicaments
inefficaces
→ Opération urgente



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 35 Les trois étapes du Voyage

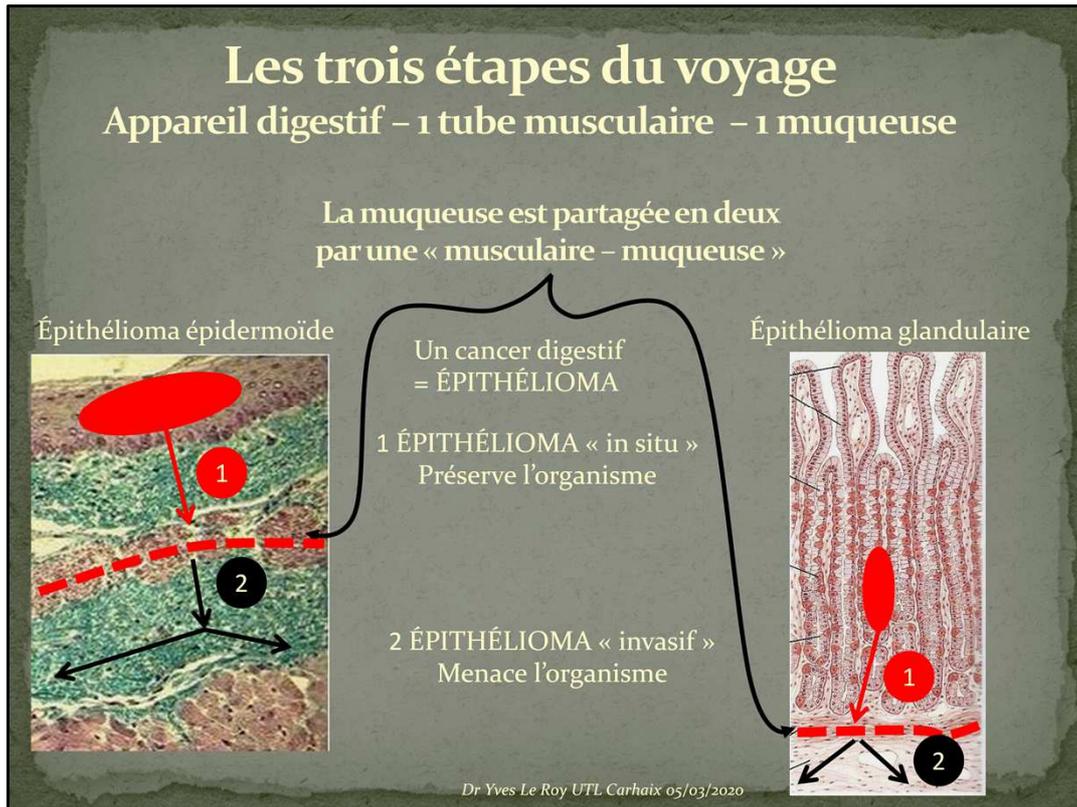
Appareil digestif – 1 tube musculaire – 1 muqueuse

La vidéo présentée montre comment, à partir d'un obstacle interdisant la progression du contenu, les germes de l'intestin peuvent rapidement devenir agressif, se multiplier et provoquer des lésions de la paroi de l'organe avec gangrène (nécrose) et contamination infectieuse du péritoine.

- Une lithiase de la vésicule biliaire est provoquée par un excès de concentration de la bile ce qui provoque une cristallisation du cholestérol à l'origine de « calculs ». Cette pathologie est fréquente puisqu'elle concerne 25% de la population âgée de plus de 50 ans. Dans 80% des cas cette pathologie ne donne pas de troubles et il est important de ne pas opérer les personnes chez qui ont été découverts des calculs de la vésicule par une échographie et qui ne se plaignent d'aucun symptôme. Par contre il peut arriver qu'à l'occasion d'un repas un peu plus riche ou même sans circonstance favorisante, un calcul se coince à la sortie de la vésicule lors d'une contraction de celle-ci. Il se produit alors une « colique hépatique » avec une forte douleur de la partie haute et droite de l'abdomen, douleur qui peut irradier à l'épaule droite.

Généralement avec des médicaments la crise va s'estomper, mais elle est le signe qu'il convient alors de proposer une chirurgie : ablation de la vésicule biliaire – Cholécystectomie intervention qui sera réalisée par chirurgie mini-invasive ou cœlioscopie.

- Une appendicite est le plus souvent provoquée par un blocage d'un fragment de matière fécale ce qui entraîne un engorgement du cul de sac appendiculaire puis une infection du contenu pouvant se propager au péritoine ce avec déclenchement d'une péritonite. Là aussi la chirurgie est nécessaire rapidement.



Dia 36 Les trois étapes du Voyage Cancer digestif et diffusion

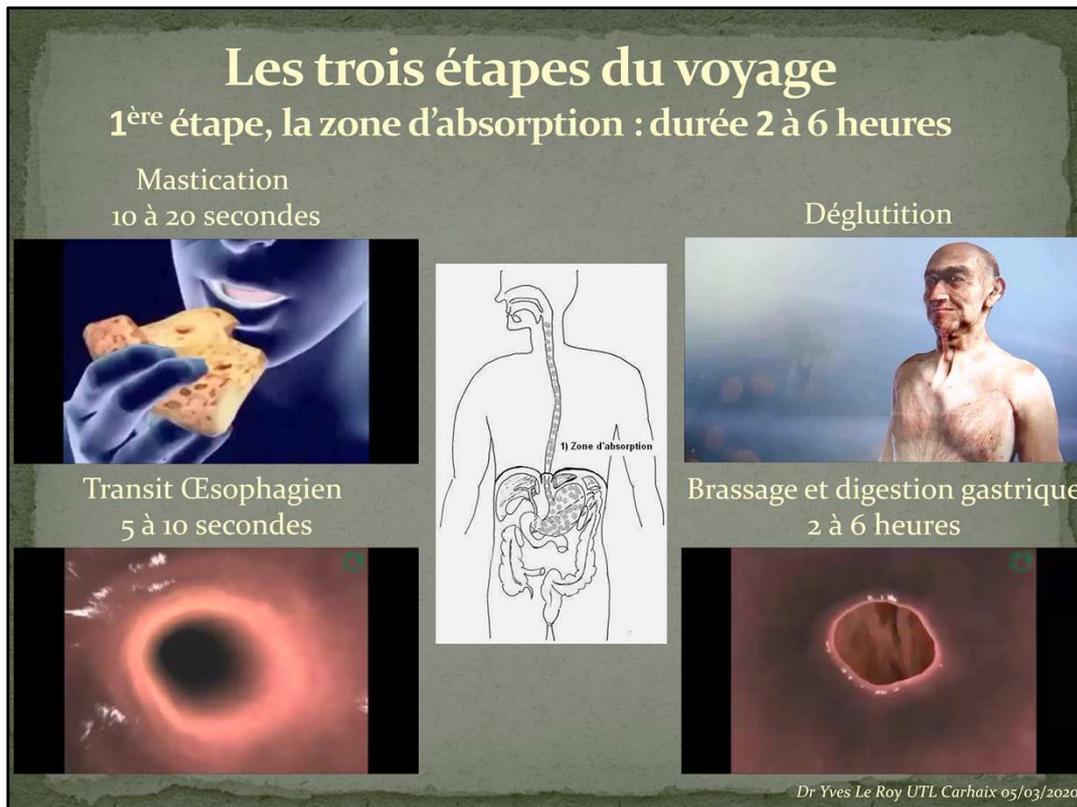
La muqueuse qui supporte l'épithélium est partagée en 2 par une couche musculaire appelée « **musculaire-muqueuse** »

Cette couche est importante à considérer dans le cadre de la diffusion des cancers digestifs.

Les cancers digestifs sont, dans leur grande majorité, des cancers développés à partir des cellules de l'épithélium. On les appelle « **ÉPITHÉLIOMA ou CARCINOMES** ». Ils sont désignés par leur épithélium d'origine : épithélioma épidermoïde pour les cancers de la bouche du pharynx, de l'œsophage ou de l'anus ; épithélioma glandulaire pour les cancers de l'estomac, du colon ou du rectum.

Leur développement en profondeur va rester limité tant qu'ils n'ont pas franchi la musculaire-muqueuse, on les appelle alors « cancer in situ » dont le simple traitement local assure la guérison.

S'ils franchissent la musculaire-muqueuse, il s'agit d'un « cancer invasif ». La dissémination des cellules cancéreuses peut alors se produire par l'intermédiaire des canaux lymphatiques vers les ganglions. Le traitement devra alors être élargi pour éviter les métastases à distances. C'est dire l'importance du dépistage organisé pour ces tumeurs.

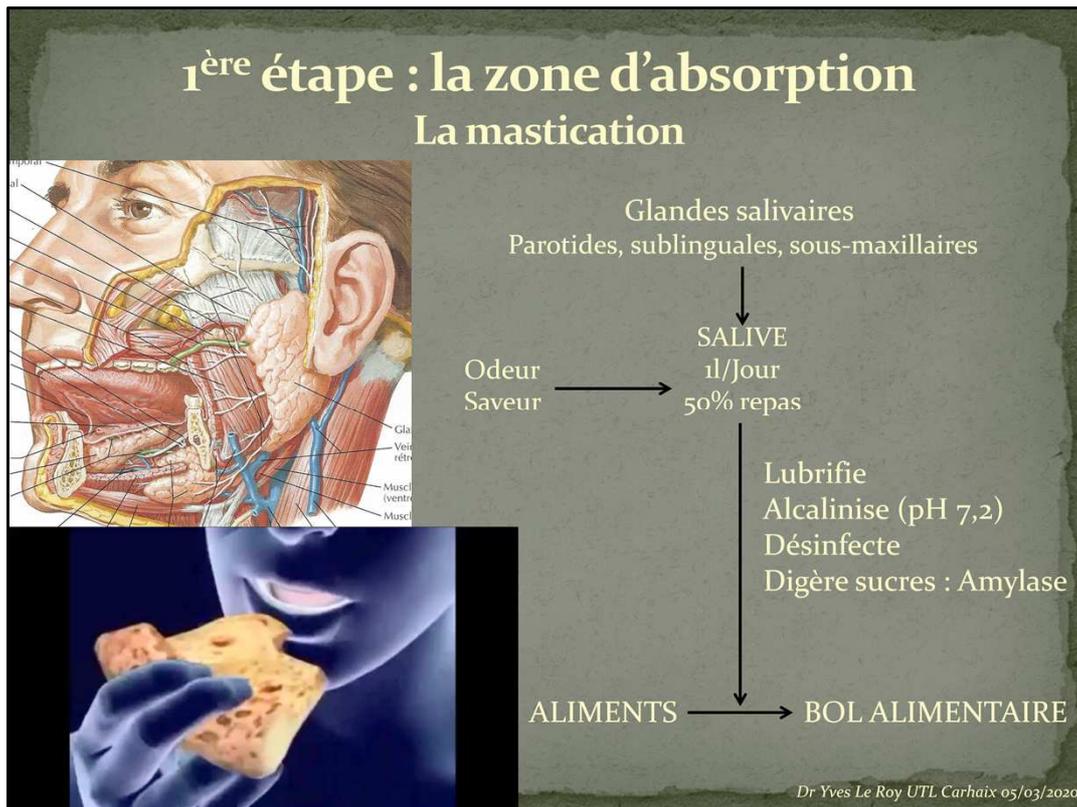


Dia 37 Les trois étapes du Voyage

1^{ère} étape, la zone d'absorption : durée 2 à 6 heures

La première étape du voyage se déroule dans la zone d'absorption et dure de 2 à 6 heures en moyenne. Successivement elle comprend :

- **La mastication** pendant laquelle la bouchée d'aliments est fragmentée par les dents et la langue puis imprégnée de salive pour devenir le « **bol alimentaire** ».
- **La déglutition** permet au bol alimentaire refoulé en arrière par la langue de franchir sans dommage le carrefour avec les voies de la respiration. Ce franchissement se fait sans dommage grâce à la bascule de l'épiglotte qui ferme le clapet laryngé pour éviter les fausses routes.
- **Le transit œsophagien**, relativement bref, permet au bol alimentaire de gagner l'estomac grâce à la lubrification de la salive et à l'efficacité du péristaltisme œsophagien.
- **Le brassage et la digestion gastrique** permet le stockage temporaire du repas ingéré dans l'estomac. Les différents bols alimentaires déglutis sont longuement brassés et imprégnés des sécrétions digestives qui constitue le suc gastrique. Le contenu devient le « **chyme** » et gardera ce nom pendant toute la durée de la digestion jusqu'au colon.



Dia 37 1^{ère} étape : la zone d'absorption
La mastication

Dans la bouche, la mastication va permettre l'imprégnation par la salive des aliments broyés par la dentition.

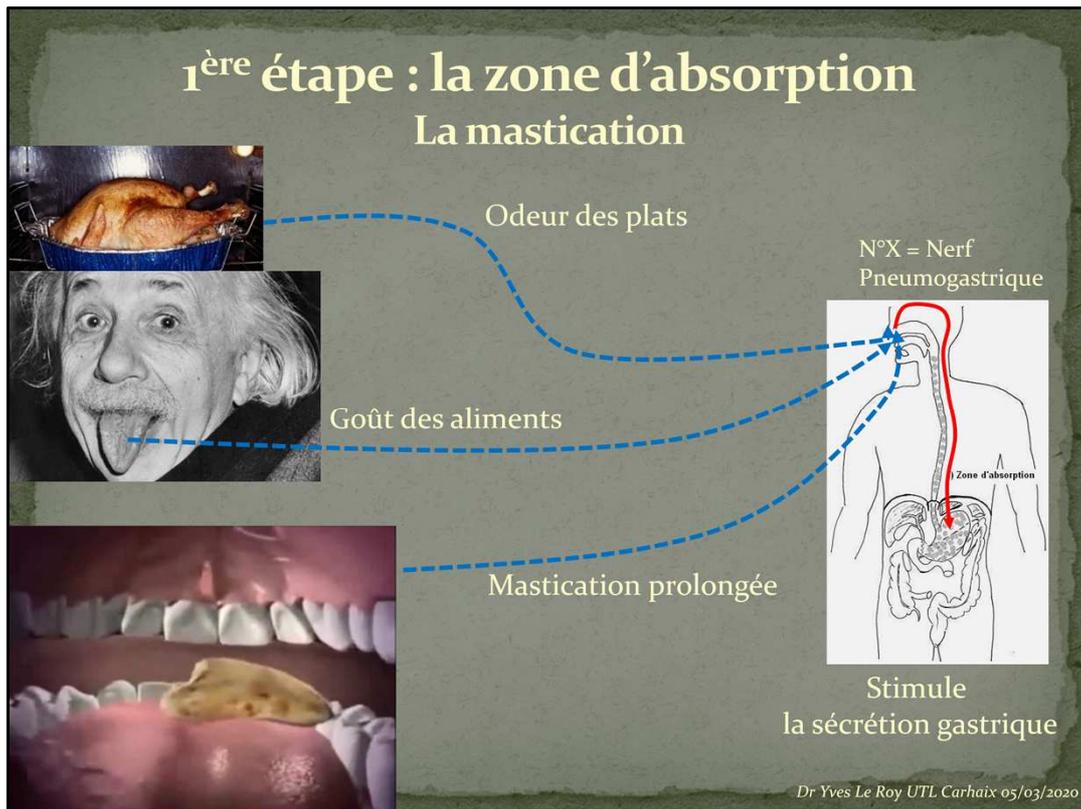
L'odeur des aliments, leur goût au contact des papilles digestives de la langue entraînent, par un réflexe de stimulation nerveuse, la sécrétion en abondance de la salive produite par les glandes salivaires. Ce sont les 2 parotides situées sous les joues devant les oreilles, les 2 glandes sublinguales situées sous la langue et les 2 glandes sous-maxillaires situées de chaque côté sous la mandibule.

Leur production est importante estimée à 1 litre par jour dont 50% est sécrété pendant la durée du repas. Cette salive contient du mucus destiné à lubrifier.

Elle est alcaline et possède des propriétés désinfectante et cicatrisante grâce à la présence d'une molécule protidique spécifique*.

Enfin elle amorce la digestion des glucides grâce à la présence d'une amylase. On connaît l'expérience qui consiste à garder assez longtemps un morceau de pain dans la bouche ce qui permet de ressentir son goût sucré témoin de la dégradation de l'amidon en sucre.

* **Torres Pedro & Al.** *The salivary peptide histatin-1 promotes endothelial cell adhesion, migration, and angiogenesis.* FASEB J. 31, 4946–4958 (2017).



Dia 39 1^{ère} étape : la zone d'absorption

La mastication

La mastication doit être suffisamment prolongée pour laisser le temps à deux de nos 5 sens, l'odorat et le goût, de stimuler la sécrétion gastrique par l'intermédiaire du nerf pneumogastrique.

Ce nerf est une véritable autoroute nerveuse qui régule toutes les fonctions de l'appareil digestif.

1^{ère} étape : la zone d'absorption
La mastication

Importance de la préservation dentaire

* Richards, Michael. (2003). A brief review of the archaeological evidence for Paleolithic and Neolithic subsistence. European journal of clinical nutrition, 56, 16 p following 1262.

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 40 1^{ère} étape : la zone d'absorption **La mastication**

Même si les progrès de la chirurgie dentaire permettent de remplacer les dents déchaussées, rien ne vaut la prévention avec un soin attentif et pluri-quotidien destiné à débarrasser les espaces inter-dentaires et les zones d'implantation gingivale des débris laissés par les repas. Les sucres vont acidifier le bain de salive ce qui favorise le développement de la plaque dentaire, l'inflammation des gencives, les caries et à terme le déchaussement des dents.

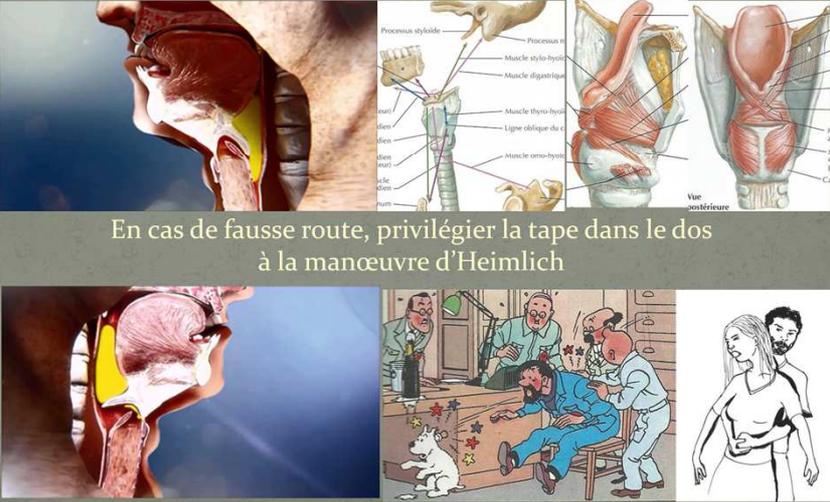
La paléontologie humaine nous apprend que la dégradation de la dentition est apparue avec l'agriculture et l'augmentation de la proportion de céréales dans l'alimentation.*

** Richards, Michael. (2003). A brief review of the archaeological evidence for Paleolithic and Neolithic subsistence. European journal of clinical nutrition. 56. 16 p following 1262.*

1^{ère} étape : la zone d'absorption

La déglutition

Le carrefour Aéro-Digestif - ZONE STRATEGIQUE
Basée sur l'action de l'os Hyoïde



En cas de fausse route, privilégier la tape dans le dos
à la manœuvre d'Heimlich

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 41 1^{ère} étape : la zone d'absorption La déglutition

Cette étape qui suit la mastication est définie par la propulsion par la langue du bol alimentaire vers l'œsophage à travers le carrefour aéro-digestif stratégique.

La protection des voies aériennes est assurée par l'**épiglotte**, un repli cartilagineux dépendant du larynx. Son ascension, lors de la déglutition grâce aux muscles implantés sur l'**os Hyoïde**, va entraîner sa bascule qui va fermer comme un clapet l'ouverture du Larynx et empêcher le passage de tout ou partie du bol alimentaire vers la trachée.

La respiration est interrompue le temps de la déglutition.

Il peut arriver en cas d'inattention, qu'une amorce d'inspiration empêche le déroulement complet de ce mécanisme. Il se produit alors une **fausse route** avec passage de débris alimentaires dans la trachée.

Cela provoque immédiatement une toux réflexe qui va expulser ces débris.

Au pire, une grande inspiration lors d'un éclat de rire par exemple peut entraîner l'occlusion du larynx par une bouchée alimentaire trop volumineuse et insuffisamment mastiquée. La situation de la personne devient rapidement dramatique si elle ne dispose pas de réserve d'air suffisante dans ses poumons pour expulser le corps étranger.

Plutôt que la manœuvre d'Heimlich, ici représentée, mieux vaut suivre l'attitude salvatrice de Tintin débarrassant la gorge du Capitaine Haddock de son bouchon de champagne par une grande claque dans son dos. La manœuvre d'Heimlich ne sera tentée qu'en cas d'inefficacité de la précédente.

1^{ère} étape : la zone d'absorption
Le transit œsophagien

Ondes péristaltiques
+
Lubrification par mucus salivaire

→ TRANSIT ŒSOPHAGIEN

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 42 1^{ère} étape : la zone d'absorption
Le transit œsophagien

Le transit œsophagien est généralement rapide grâce à l'efficacité des contractions péristaltiques de la musculature de l'œsophage et à la lubrification du bol alimentaire par le mucus de la salive.

1^{ère} étape : la zone d'absorption

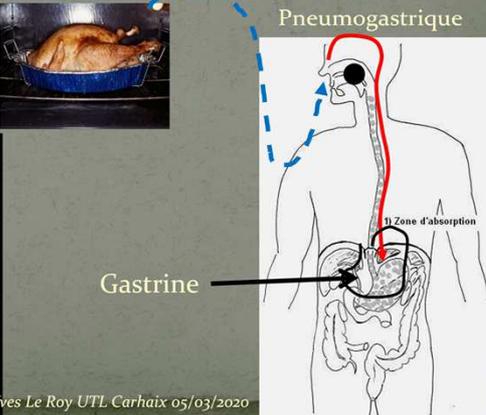
Digestion gastrique

FONCTION SECRETOIRE → Suc Gastrique

- **Stimulation nerveuse** : Odeur, goût du repas
- **Stimulation Hormonale** : Distension gastrique par l'arrivée des aliments

→ **GASTRINE** → Suc Gastrique 1,5 à 2 l/24H

- * Acide HCL → pH 2,5 → dégradation aliments + action antibactérienne
- * Pepsine → enzyme protéolytique (lait caséifié)
- * Mucus → Rôle protecteur muqueuse
- * Facteur Intrinsèque → absorption Vit B12
- Synthèse Hémoglobine & globules rouges




N°X = Nerf
Pneumogastrique

Gastrine

1) Zone d'absorption

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 43 1^{ère} étape : la zone d'absorption

Digestion gastrique – Fonction sécrétoire

Arrivés dans l'estomac, les bols alimentaires successifs composant le repas vont être stockés dans l'estomac.

Les mouvements de brassage gastrique vont permettre une imprégnation de ce contenu par le suc gastrique produit par la **FONCTION SECRETOIRE** de l'estomac.

Deux processus vont activer la sécrétion du suc gastrique :

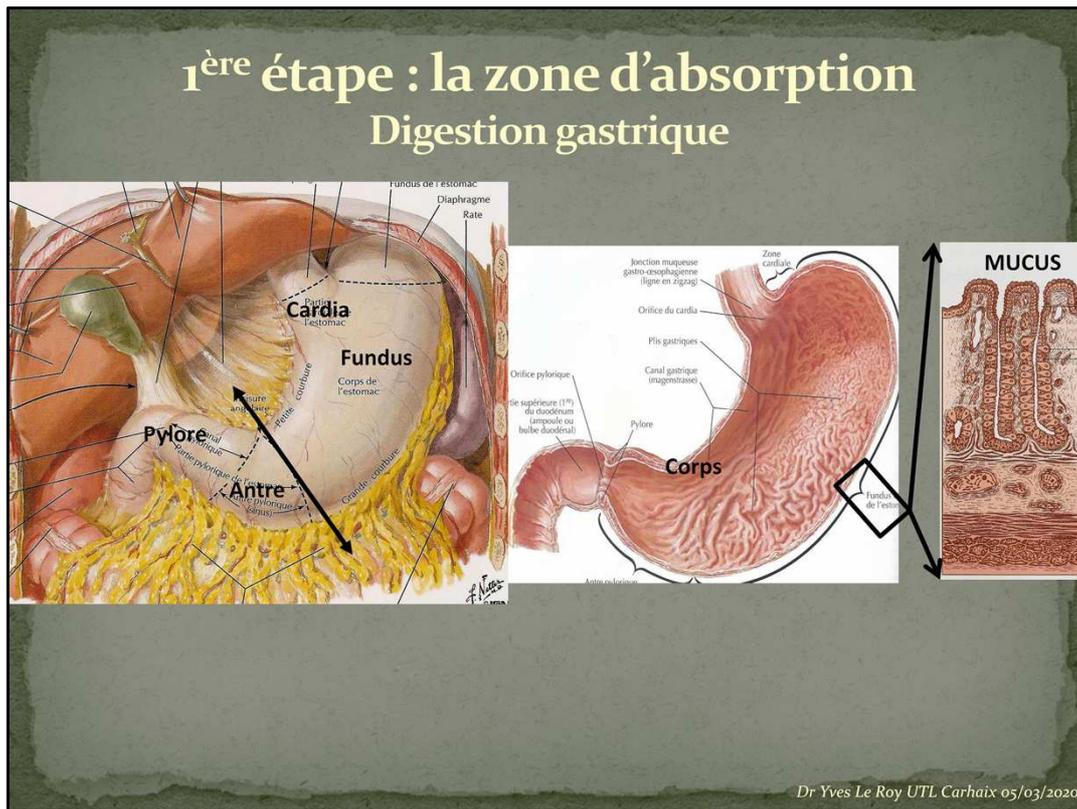
Une stimulation nerveuse prenant son origine, comme lors de la sécrétion salivaire, dans l'intrication de deux de nos 5 sens : l'odorat, par la bonne odeur du repas préparé et le goût, apprécié sur les papilles gustatives de la langue.

Une stimulation hormonale provoquée par la distension progressive de la cavité gastrique par l'arrivée des aliments. Cette distension provoque la sécrétion par des cellules endocrines de la partie horizontale de l'estomac d'une hormone appelée **gastrine**. Cette hormone va à son tour stimuler la sécrétion par des cellules spécifiques de l'acide chlorhydrique (HCl) qui facilitera la dégradation des aliments et l'amorce de leur digestion par les enzymes présents.

Le suc gastrique est produit à raison de 1,5 à 2 litres par 24 heures. Il est fortement acide (pH 2,5). Il contient un enzyme destiné à la dégradation des protéides du lait – la pepsine - et un mucus très abondant destiné à protéger la muqueuse et l'épithélium de l'estomac.

Le suc gastrique contient en outre un « Facteur intrinsèque » qui est une molécule destinée à faciliter l'absorption de la vitamine B12 des aliments dans la partie terminale de l'intestin grêle. Il favorise ainsi la synthèse des globules rouges.

Certaines maladies du vieillissement diminuent la fabrication de ce facteur intrinsèque ce qui provoque une anémie (Anémie de Biermer).

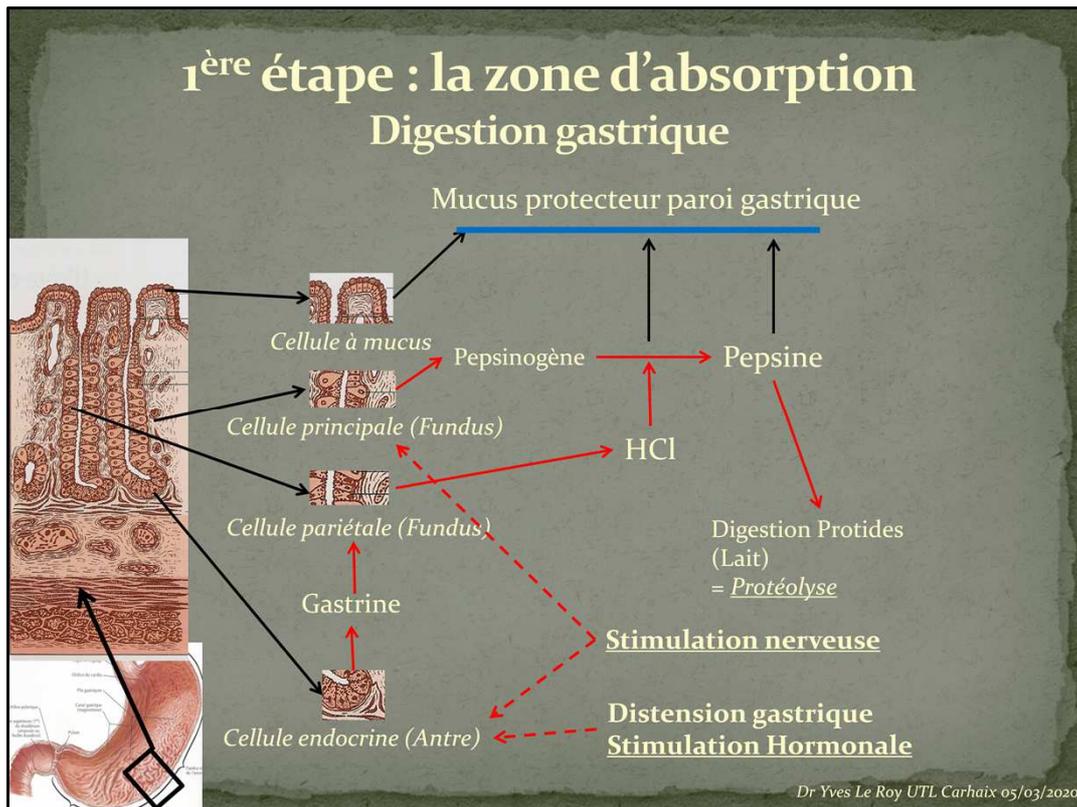


Dia 44 1^{ère} étape : la zone d'absorption
Digestion gastrique – Fonction sécrétoire

L'estomac est une grande enveloppe musculaire dont le contenu chez un adulte varier selon les moment d'activité de 0,5 litres à jeun à 3 litres, voire plus en cas de repas très abondant. Le cardia est sa porte d'entrée, sa partie verticale est nommée « Fundus », sa partie horizontale s'appelle « l'Antre », et il se termine par un sphincter appelé « Pylore » qui régule la sortie du chyme vers le duodénum.

La muqueuse gastrique est recouverte d'un épithélium comportant en surface une assise de **cellules à mucus** chargées de recouvrir largement et en permanence la surface de l'estomac d'un mucus protecteur contre l'agressivité du suc gastrique qui contient de l'acide chlorhydrique (HCl) et des enzymes protéolytiques (destructeurs des protides).

L'épithélium va s'invaginer en profondeur pour constituer des glandes sécrétrices des composants actifs du suc gastrique.



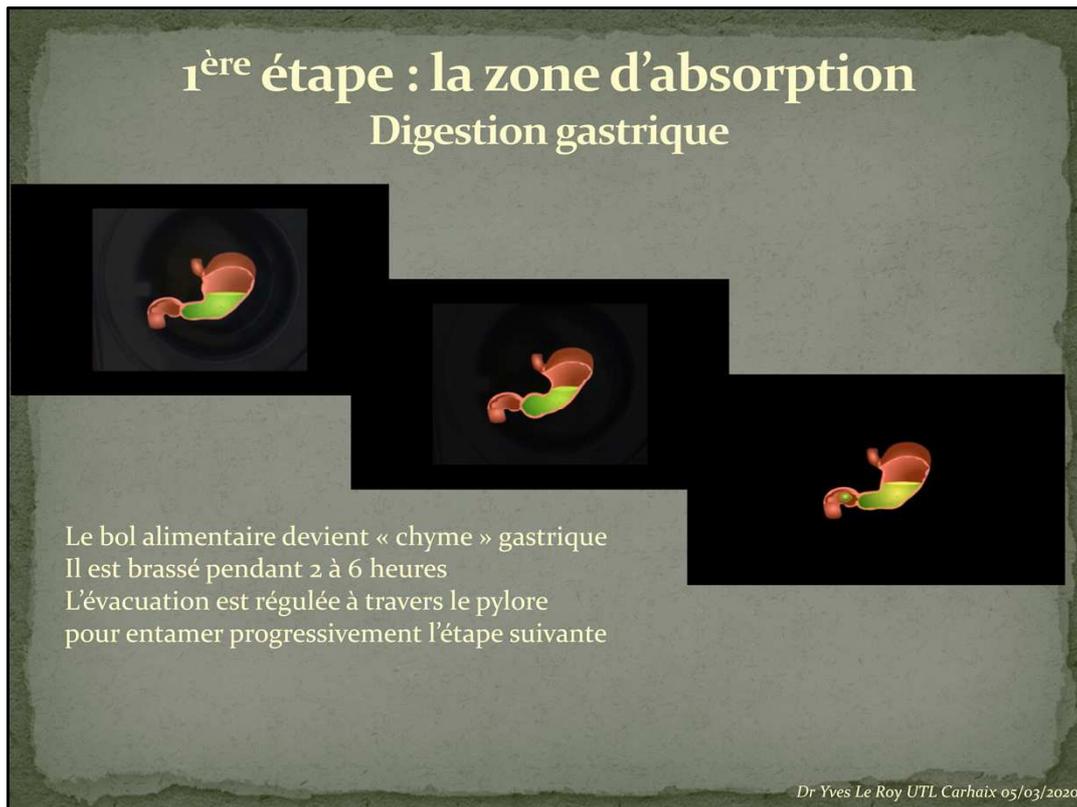
Dia 45 1^{ère} étape : la zone d'absorption
Digestion gastrique

Les cellules des glandes gastriques ont chacune une fonction spécifique :

Cellules pariétales prédominant dans la partie verticale de l'estomac (fundus) : sous l'influence de la stimulation hormonale par l'hormone « GASTRINE » elles vont produire l'acide chlorhydrique (HCl) responsable de l'acidité gastrique avec un pH à 2,5;

Cellules principales, prédominantes dans la partie verticale de l'estomac (fundus) : sous l'influence de la stimulation nerveuse elles vont produire le **pepsinogène** qui est la forme inactive de l'enzyme principal du suc gastrique. En arrivant en surface, sous l'influence de l'acidité, ce pepsinogène va se transformer en **PEPSINE**, forme active de l'enzyme dont le rôle principale est de dégrader les protéines en particulier les protéines du lait. La sécrétion initiale sous forme inactive de cet enzyme évite d'abimer l'épithélium avant qu'il ne soit protégé par le mucus;

Cellules endocrines, prédominant au niveau de la partie horizontale de l'estomac (antre) : sous l'influence de la distension gastrique par les aliments et également d'une stimulation nerveuse directe, les cellules endocrines sécrètent une hormone, la **GASTRINE**, dont le rôle est de stimuler à son tour les cellules pariétales productrice d'acide chlorhydrique (HCl).



Dia 46 1^{ère} étape : la zone d'absorption
Digestion gastrique – Fonction motrice

La fonction motrice de l'estomac permet :

De brasser le chyme de façon à l'imprégner au maximum de suc gastrique et d'amorcer l'action de digestion de l'enzyme Protéolytique PEPSINE;

De réguler la sortie du chyme à travers le pylore pour distiller progressivement les aliments prédigérés vers l'étape suivante dans le duodénum.

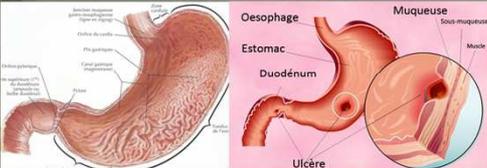
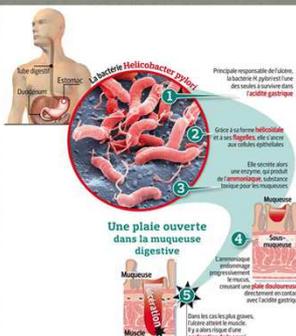
1^{ère} étape : la zone d'absorption Il y a parfois des ratés

1 - MALADIE ULCEREUSE

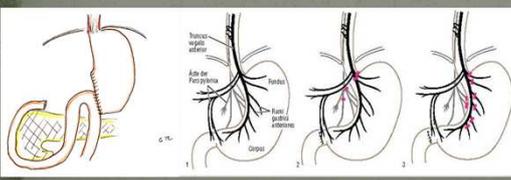
- Estomac : perte efficacité du mucus
- Duodénum : persistance acidité malgré la bile

Jusqu'à la découverte d'*Helicobacter Pylori*

Ce microbe touche 50% de population mondiale
Il est facilement éradiqué par une antibiothérapie

CHIRURGIE → 1980 - 90



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

**Dia 47 1^{ère} étape : la zone d'absorption
Digestion gastrique : il y a parfois des ratés !**

La **maladie ulcéreuse** est due à une perte d'efficacité du mucus protecteur ce qui entraîne des lésions de l'épithélium. Il est partiellement digéré par l'action combinée de l'acide chlorhydrique et de la Pepsine. Apparaît un « **Ulcère** » qui est un trou mettant à nu le tissu conjonctif, les vaisseaux, les terminaisons nerveuses et même la paroi musculaire. Cette plaie peut s'infecter, saigner voire se perforer dans la cavité de l'abdomen entraînant une péritonite.

Jusqu'aux années 1980 – 1990, la chirurgie était souvent le seul recours devant ces complications pouvant menacer la vie. Elle consistait à agir en diminuant la sécrétion acide par la section des nerfs de l'estomac (Nerf vague) et/ou par la suppression de de la partie de l'estomac sécrétant la gastrine.

Depuis 1990 et la découverte d'un microbe appelé « **Helicobacter Pylori** », on sait que la maladie ulcéreuse est d'origine infectieuse. Ce microbe est présent chez près de la moitié de la population mondiale et dans certaines circonstances il peut s'incruster sur la muqueuse et y déposer de l'ammoniaque qu'il a synthétisé.

Un simple traitement antibiotique prescrit en cas de découverte d'*Helicobacter Pylori* dans le suc gastrique prélevé lors d'une fibroscopie va permettre d'éradiquer le microbe et d'éviter ainsi le recours à une chirurgie mutilante.

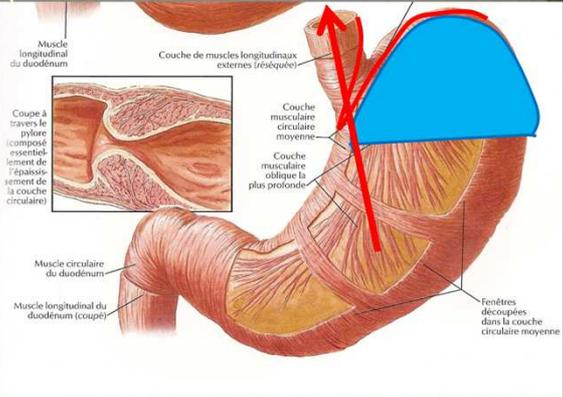
1^{ère} étape : la zone d'absorption Il y a parfois des ratés

2 – REFLUX GASTRO-OESOPHAGIEN

- Phénomène banal le plus souvent

Jonction Œsophage – Estomac = Cardia
Accumulation d'air dans le Fundus
→ Fermeture d'un clapet
Arrêtant le Reflux de liquide acide dans l'œsophage

- Eructations
- Vomissements } toujours possibles
- Si reflux acide → Œsophagite
- Traitement médical
- Exceptionnellement (œsophagite avec ulcères)
Une chirurgie anti-reflux refait le clapet




Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 48 1^{ère} étape : la zone d'absorption Digestion gastrique : il y a parfois des ratés !

Le reflux gastro-œsophagien est le plus souvent banal correspondant aux éructations physiologiques après les repas.

La région du cardia ou jonction entre l'œsophage et l'estomac est le siège d'un mécanisme empêchant le reflux du liquide acide de l'estomac vers la muqueuse de l'œsophage non protégée par du mucus.

L'accumulation d'air dégluti avec les aliments vient s'accumuler dans la partie haute de l'estomac encore appelée grosse tubérosité. L'air va permettre l'occlusion du dispositif valvulaire réalisé par l'angle entre l'arrivée de l'œsophage et la partie haute de l'estomac.

Si ce dispositif est défaillant, un reflux gastro-œsophagien de liquide acide est possible provoquant des brûlures désagréables derrière le sternum.

Le plus souvent un traitement médical avec un pansement protecteur à base d'argile va suffire.

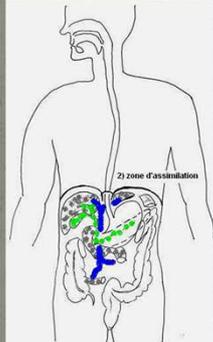
Parfois cependant, en cas de lésions persistantes sur la muqueuse de l'œsophage (ulcérations), une chirurgie sera indiquée pour reconstituer le dispositif valvulaire anti-reflux.

Les trois étapes du voyage

2^{ème} étape, la zone d'assimilation : durée 3 à 4 heures

Zone au cœur de la Digestion, centrée sur 3 éléments

- **L'appareil bilio-pancréatique**
 - ses sécrétions imprègnent le chyme
 - permettent la dégradation des aliments en nutriments
- **L'intestin Grêle**
 - termine la dégradation des aliments
 - assure le passage des nutriments vers le sang veineux intestinal
- **Le Foie**
 - récupère les nutriments du sang veineux intestinal
 - assure leur transformation en bioéléments nécessaires à l'organisme
 - élimine les déchets vers l'intestin par le système biliaire



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 49 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures

Trois éléments centrent la zone d'assimilation, cœur de la digestion:

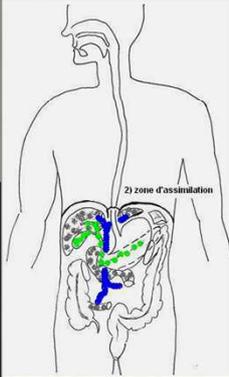
- **Système biliaire et pancréas** : le mélange des 2 sécrétions imprègnent le chyme avec les enzymes qui permettent la dégradation des aliments en nutriments ;
- **L'intestin grêle** : en faisant progresser lentement le chyme le long de ses 6 mètres, il permet l'action de digestion des enzymes et le passages des nutriments dans le sang veineux de l'intestin (Veine Porte);
- **Le Foie** : perfusé par la veine porte qui transporte les nutriments digérés, va assurer la transformation de ces nutriments en éléments nécessaires à l'organisme. Le foie est également un organe purificateur dont le rôle est essentiel dans l'élimination des déchets du métabolisme vers l'intestin par le système biliaire.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation durée 3 à 4 heures

Sortie de l'Estomac
Chyme = bouillie d'aliments prédigérés

Duodénum :
Imprégnation de Bile
+
Suc Pancréatique





2) zone d'assimilation

Intestin Grêle

- Dégradation enzymatique
- Aliments → nutriments
- Assimilation des nutriments



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 50 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures

L'estomac envoie à travers de pylore de petites quantités de « **chyme** », ainsi qu'est nommé la bouillie d'aliments prédigérés par l'estomac.

Dans le duodénum, première partie de l'intestin, le chyme va être imprégné par la bile sécrétée par le foie ainsi que par le suc pancréatique qui contient les principaux enzymes de la digestion.

Le chyme mélangé à la bile et aux sécrétions pancréatiques va progresser dans les 6 mètres de l'intestin grêle. Il va y subir une dégradation enzymatique complète qui va transformer les aliments en nutriments. Ces derniers seront assimilés par la muqueuse de l'intestin grêle dont la surface est démultipliée par la présence de 10 millions de villosités intestinales.

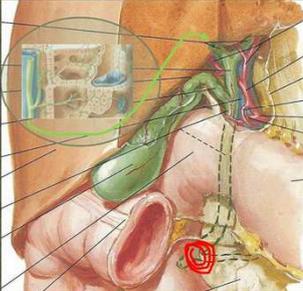
Les nutriments gagnent alors le sang de l'intestin qui les envoient par la grosse veine Porte vers le Foie.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

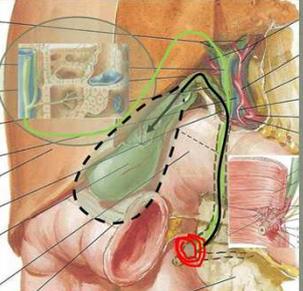
L'appareil Bilio-pancréatique

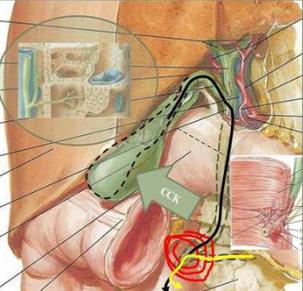
→ Sécrétion Biliaire 1 l/24H
Ph 8; Composition : Aucun Enzyme
Sels Biliaires = DETERGENTS
Déchets du métabolisme Hépatique

→ Cholécystokinine = hormone du duodénum
→ CCK → contraction de la Vésicule biliaire
→ Chasse de bile et de suc pancréatique dans le duodénum



→ La Bile dans le canal cholédoque vient buter sur le sphincter d'Oddi
→ Elle reflue vers la vésicule
→ Elle y est concentrée







Huile
Emulsifiant
Eau



98% des constituants de la bile reviennent Au Foie après éliminations des déchets

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 51 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures

Appareil bilio-pancréatique

La bile est sécrétée en continu par le foie à raison d'un litre par 24h en moyenne. De pH 8, elle est alcaline et va tamponner l'acidité du chyme issu de l'estomac. Elle ne contient aucun enzyme. Elle est surtout constituée par les « **sels biliaires** », issus de la dégradation du cholestérol, qui jouent un rôle de détergent – semblable à du « liquide vaisselle ». La bile va émulsifier les graisses digérées c'est à dire les fragmenter en multiples petites gouttelettes pour faciliter leur dégradation par les enzymes (Lipases) sécrétés par le pancréas.

La bile est également le vecteur des déchets du foie qui est le principal épurateur de l'organisme. Il élimine ainsi vers l'intestin par l'intermédiaire de la bile, entre autres : la bilirubine produite par la dégradation de l'hémoglobine, le cholestérol en excès, les médicaments absorbés et dégradés par le foie, diverses toxines, les microbes de l'intestin qui ont gagné le foie par la veine intestinale (Veine Porte) et qui retournent à l'intestin par l'intermédiaire de la bile : c'est le cycle entéro-hépatique.

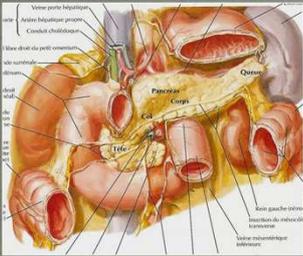
La bile s'écoule en continu par le canal cholédoque et vient buter contre sphincter - le sphincter d'Oddi - qui contrôle l'accès de la bile dans le duodénum. La bile va refluer dans la vésicule biliaire pour y être concentrée.

L'arrivée du chyme dans le duodénum déclenche la sécrétion d'une hormone, la **Cholécystokinine** qui va stimuler la contraction de la vésicule et provoquer une chasse de bile concentrée à travers le sphincter d'Oddi. L'écoulement de la bile s'accompagne d'un écoulement de suc pancréatique qui va arriver dans le duodénum en même temps que la bile.

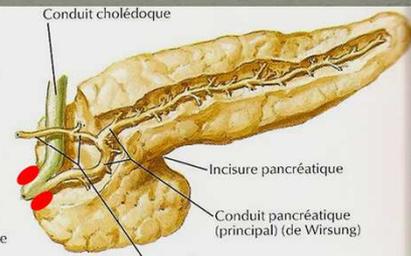
2^{ème} étape : la zone d'assimilation

L'appareil Bilio-pancréatique

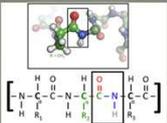
Le PANCREAS : glande profonde
En arrière de l'estomac
Enchâssée dans le duodénum



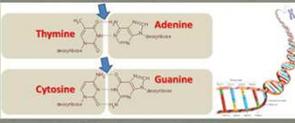
Glande EXOCRINE
Sécrétion des enzymes
destinés à la digestion



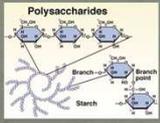
PROTEASES = Trypsine
Protides → Acides aminés



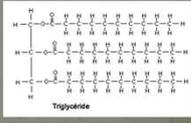
NUCLEASES
Dégradation ADN



AMYLASE
Glucides → sucres



LIPASE
Lipides → Acides Gras



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 52 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures
Appareil bilio-pancréatique

Le pancréas est une glande profonde située en arrière de l'estomac. Elle est enchâssée dans le duodénum dans lequel vient s'aboucher son canal excréteur - Canal de Wirsung - dont le débit est régulé par le sphincter d'Oddi de façon que le suc pancréatique s'écoule en même temps que la bile.

Glande EXOCRINE, sa fonction est de fabriquer des enzymes qui vont gagner l'intestin par le canal excréteur et qui ont pour rôle de digérer les aliments ingérés pour les transformer en nutriments.

Chacun de ces enzymes est destiné à un type d'aliment:

- **PROTEASE**, destinée à dégrader les protéines en acides aminés, elle est sécrétée sous forme inactive dont l'activité est déclenchée dans l'intestin au contact de la bile. Cette disposition évite la digestion des tissus du pancréas ;
- **NUCLEASE** destinée à la dégradation des acides nucléiques provenant des noyaux des cellules (ADN) ;
- **AMYLASE** destinée à la dégradation des glucides en sucres simples ;
- **LIPASE** destinée à la dégradation des lipides en acides gras.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

L'appareil Bilio-pancréatique

Suc PANCREATIQUE = 1,5 l/j
PH = 8 très alcalin (Bicarbonate)

2 hormones duodénales
CCK – Sécrétine → sécrétion

La principale protéase
 = **Trypsine**
 Synthèse sous forme inactive
 grains de « **Trypsinogène** »
 pour ne pas induire une
DIGESTION du PANCREAS

Activation dans l'intestin
Trypsinogène → Trypsine
 au contact de bile
 → **DIGESTION des aliments**

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 53 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures

Appareil bilio-pancréatique

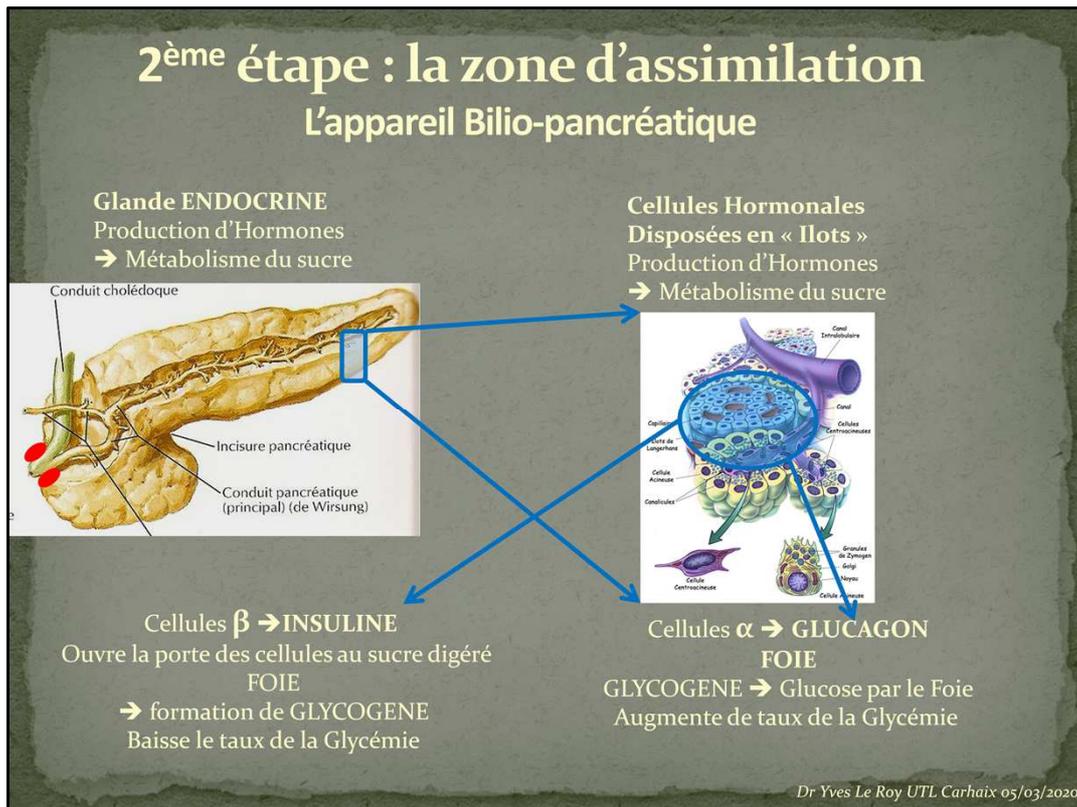
Le suc pancréatique est sécrété à raison d'1,5 litres/24h. Sa forte concentration en bicarbonate (170mmol/l) le rend très alcalin (pH8) afin de tamponner l'acidité issue de l'estomac.

La sécrétion des protéases et lipases est activée par 2 hormones duodénales le cholécystokinine et la sécrétine. C'est l'arrivée du chyme dans le duodénum qui déclenche leur production.

La Trypsine, principal enzyme pancréatique destiné à digérer les protéides, est sécrété sous forme de grains inactifs – le Trypsinogène – pour le pas induire de digestion du pancréas le temps du trajet vers l'intestin.

C'est l'activation, au contact de la bile, du Trypsinogène (inactif) en Trypsine (active) dans l'intestin qui va entraîner l'activation des autres enzymes.

La digestion des aliments peut réellement commencer.



Dia 54 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures
Appareil bilio-pancréatique

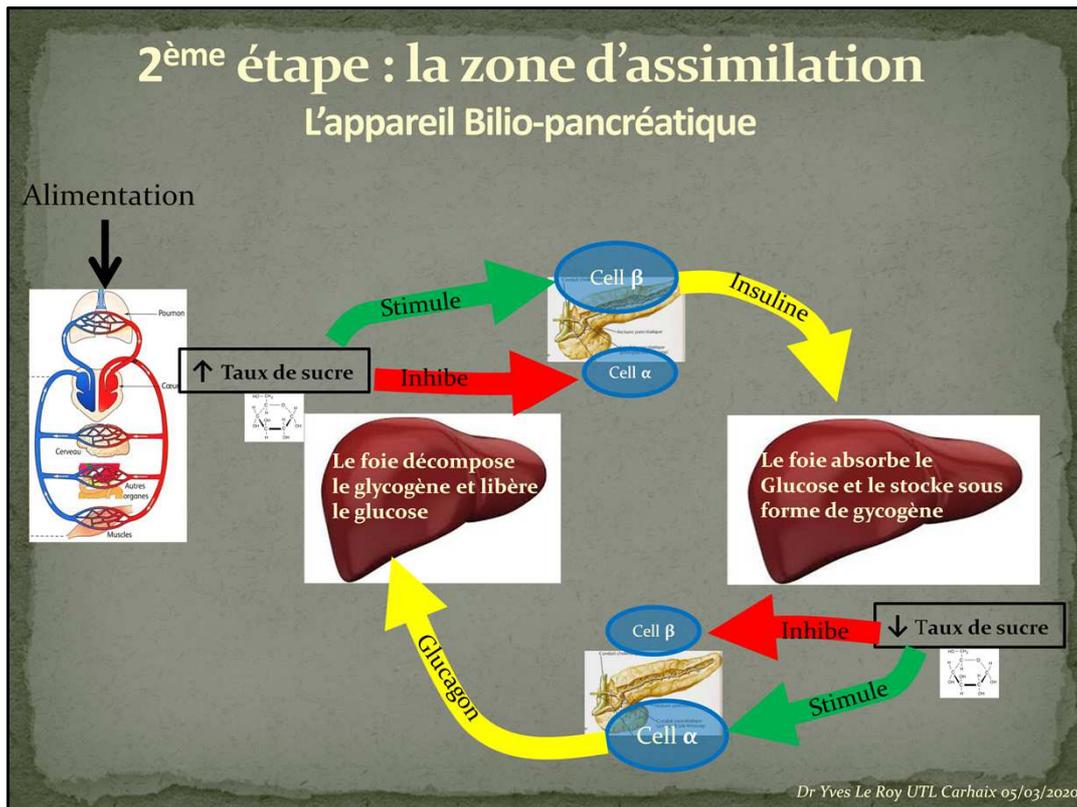
Glande ENDOCRINE, le Pancréas va sécréter des hormones destinées à réguler le métabolisme des sucres dans l'organisme.

Les cellules hormonales sont disposées en « îlots » dans le tissu pancréatique.

Elles sont de 2 sortes :

Les Cellules β responsables de la sécrétion de l'**INSULINE** : elles ouvrent la porte des cellules au sucre, font baisser le taux de sucre dans le sang (glycémie) et stimulent la fabrication de **GLYCOGENE** (sucre lent) par le Foie, le glycogène étant la réserve de sucre mobilisable par l'organisme.

Les cellules α responsables de la sécrétion du **GLUCAGON** : cette hormone stimule la dégradation du **GLYCOGENE** en sucre simple par le foie, elle augmente le taux de sucre dans le sang (glycémie).



Dia 55 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Durée 3 à 4 heures Cycle glycémique

La régulation du taux de sucre dans le sang ou « Glycémie » est automatique grâce aux 2 hormones – Insuline et Glucagon - sécrétées par la Pancréas.

Cette régulation s'appelle le « cycle glycémique » et elle prend sa source dans la capacité du foie à synthétiser la réserve de sucre glycogène.

La fonction glycogénique du foie a été découverte et décrite par le médecin et physiologiste français Claude Bernard en 1848.

L'alimentation augmente mathématiquement le taux de sucre sanguin ce qui stimule la sécrétion d'Insuline laquelle incite le Foie à récupérer ce sucre pour le stocker sous forme de Glycogène.

A distance du repas, la consommation du sucre circulant par le métabolisme de l'organisme déclenche une réaction inverse du Pancréas : inhibition de la sécrétion d'insuline et stimulation de la sécrétion de Glucagon, hormone qui favorise la dégradation du glycogène et la libération de sucres simples dans le sang.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

L'appareil Bilio-pancréatique : il y a parfois des ratés !

- **DIABETE = maladie de la régulation du taux de sucre**
 - Augmentation de la Glycémie
- **5% de la population en France ***
- **10% des Cas DIABETE Type I = insulino-dépendant**
 - Sujets jeunes, participation héréditaire possible
 - Destruction cellules β par mécanisme auto-immun
 - Nécessité apport insuline injectable à vie
- **90% des cas DIABETE TYPE II = non insulino-dépendant**
 - Sujets plus âgés
 - Production insuffisante d'Insuline
 - Résistance à l'Insuline
 - Le plus souvent associé à une prise de Poids et un épuisement du Pancréas

Nécessité d'une correction diététique et d'une perte de poids

* <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Diabete/Donnees-epidemiologiques/Prevalence-et-incidence-du-diabete>

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020




Dia 56 2^{ème} étape : la zone d'assimilation **L'appareil bilio-pancréatique : il y a parfois des ratés !**

Le diabète est une maladie qui altère la régulation du taux de sucre dans le sang. La glycémie normale correspond à un taux stable de 1 g de glucose par litre de sang.

C'est une maladie fréquente qui touchait 5% de la population française en 2016 *.

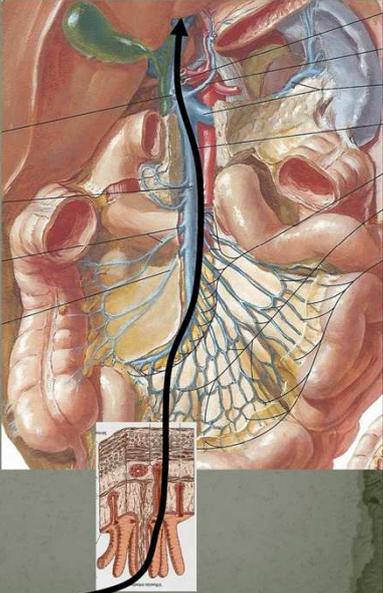
- Dans 10% des cas, c'est DIABETE de Type I dit « **Insulino-dépendant** ». Il touche une population jeune, avec une possible participation héréditaire. Un mécanisme d'immunité contrariée (auto-immunité) aboutit à la destruction des cellules β le défaut de fabrication impose un apport d'insuline en injection tous les jours pendant toute la vie.

- Dans 90% des cas, il s'agit d'un DIABETE de Type II dit « **Non insulino-dépendant** ». Il touche une population plus âgée souvent en surpoids et qui est provoqué par deux types de mécanisme intriqués : d'une part une perte d'efficacité de l'insuline sur les tissus cibles comme les muscles c'est une Résistance à l'insuline, et d'autre part un défaut de production d'insuline par le pancréas qui peu à peu s'épuise. Ici l'apport d'insuline ne sert à rien, le traitement repose sur des médicaments qui retarde la digestion des sucres lents dans l'intestin et surtout sur la mise en œuvre de conseils hygiéno-diététiques visant à réduire le poids par l'association d'un régime hypocalorique et d'une activité physique.

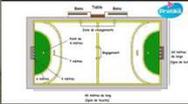
2^{ème} étape : la zone d'assimilation

L'intestin grêle

- Intestin grêle
 - Recueille le chyme imprégné de bile et de suc pancréatique
 - Long de 6 à 7 m, il est très mobile
 - Partagé entre **Jéjunum** (3/4) et **Iléon** (1/4)
- Raccordé à l'organisme par une racine de péritoine de 40 cm : le mésentère
- Ce mésentère porte les vaisseaux de l'intestin permettant aux nutriments de passer des villosités intestinales au foie par le sang de la veine porte



Surface d'échange = 200 m²
¼ terrain de Hand-ball



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

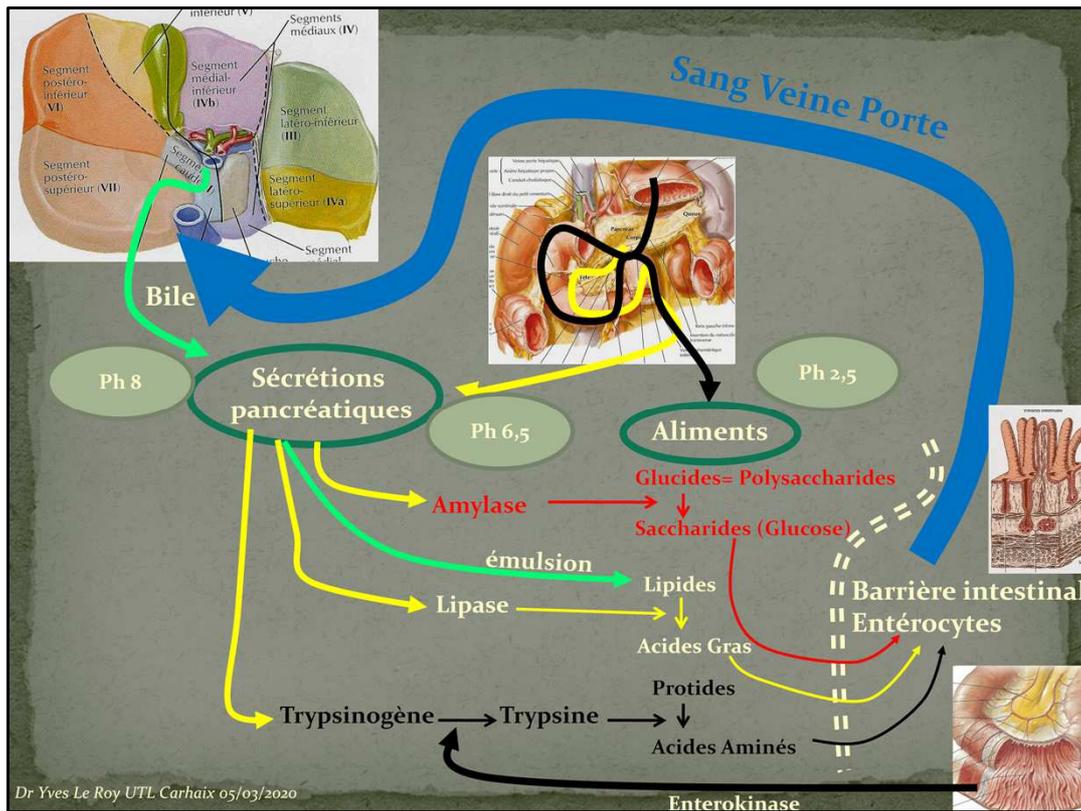
Dia 57 2^{ème} étape : la zone d'assimilation

L'intestin grêle

Long de 6 à 7 mètres, partagé entre le jéjunum, partie la plus active et l'iléon, l'intestin grêle recueille le chyme imprégné de bile mélangée au suc pancréatique.

Très mobile, animé par les contractions du péristaltisme, il brasse le contenu pour activer l'action de dégradation des aliments et fait progresser lentement le contenu.

Il est raccordé à l'organisme par une racine de péritoine longue de 40 cm appelée le « Mésentère ». Ce mésentère porte les vaisseaux de l'intestin, en particulier les veines qui se raccordent à la volumineuse « VEINE PORTE » chargée de conduire dans le Foie, les nutriments issus de la digestion. Les nutriments passent dans le sang à par l'intermédiaire des très nombreuses formations appelées « villosités intestinales » qui tapissent la muqueuse de l'intestin grêle. La surface d'échange de toutes ces villosités représentent 200 m² soit ¼ de terrain de Hand Ball.



Dia 58 2^{ème} étape : la zone d'assimilation L'intestin grêle

Ce schéma résume le déroulement de la digestion intestinale.

Le mélange de bile et des sécrétions pancréatiques va tamponner l'acidité du chyme venant de l'estomac : le pH passe de 2,5 à 6,5 dans le duodénum.

La véritable déconstruction des aliments en nutriments va pouvoir commencer sous l'action des enzymes contenus dans le suc pancréatique :

- L'**amylase** va dégrader les sucres lents (glucides) en sucre simples (oses comme le glucose ou le fructose etc...)
- La **lipase** va dégrader les lipides en acides gras. Son action est facilitée par la bile qui aura au préalable émulsionné les graisses qui seront ainsi plus facilement au contact de la lipase.
- La **trypsine** qui est l'enzyme dégradant les protides a été sécrété par le pancréas sous forme inactive appelée trypsinogène. Activée par la bile et l'entérokinase, la trypsine va dégrader les protides en acides aminés.



Dia 59 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
L'intestin grêle : il y a parfois des ratés !

La vidéo montre une intervention pour « *occlusion de l'intestin grêle sur une bride* », adhérence du péritoine.

L'intestin grêle, long de 6 mètres, est amarré à la paroi postérieure de l'abdomen par une racine de 40 cm. Son péristaltisme le rend très mobile.

L'intestin grêle est enveloppé d'une très fine membrane de péritoine toujours humide qui facilite le glissement des anses intestinales les unes sur les autres.

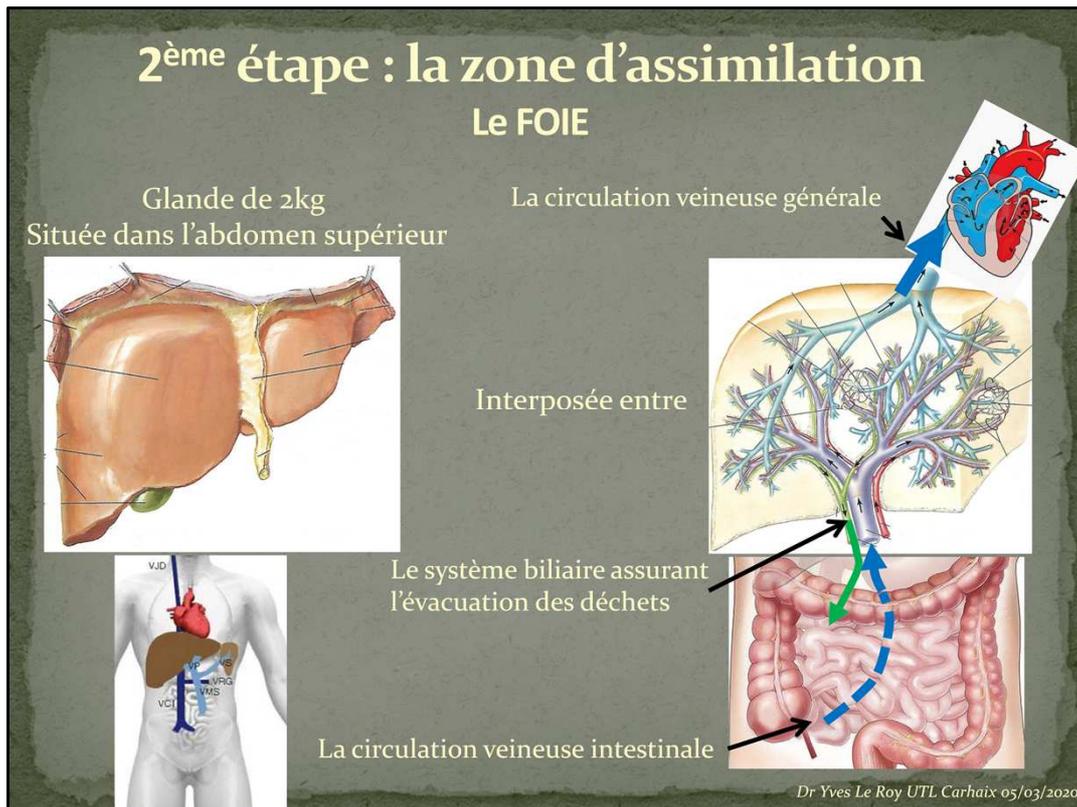
La mobilité de l'intestin grêle peut être interrompue brusquement lorsqu'une anse intestinale se coince dans un piège de péritoine provoqué par une adhérence encore surnommée « **bride intestinale** ».

Il s'agit le plus souvent d'une adhérence provoquée par une ancienne intervention en particulier par une intervention sur l'appendice (Appendicectomie).

On voit bien sur la vidéo que la simple section de cette bride permet de libérer l'intestin qui retrouvera très rapidement son fonctionnement normal.

Il importe d'opérer avant que l'intestin ne s'abîme par obstruction de ses vaisseaux par l'adhérence.

La fréquence de ces adhérences ou brides péritonéales a beaucoup diminué depuis la généralisation des interventions par coelioscopie, cette technique évite en effet d'exposer le péritoine à l'air ambiant ce qui antérieurement était la principale cause des adhérences.

**Dia 60 2^{ème} étape : la zone d'assimilation****Le Foie**

Le foie est une grosse glande pesant plus de 2 kg en moyenne si l'on prend en compte le fait que la glande contient en permanence près d'un litre de sang.

Le Foie est situé à la partie supérieure et droite de l'abdomen, sous le diaphragme qui le sépare de la cage thoracique.

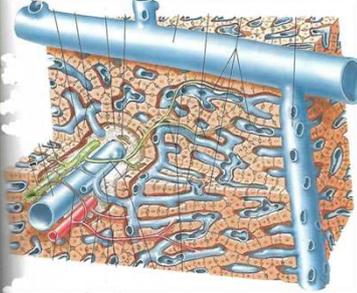
Il est interposé entre 3 systèmes :

- La circulation veineuse de l'intestin qui ramène au Foie par la « **Veine Porte** » le sang contenant les nutriments issus de la digestion;
- La circulation veineuse générale permettant au foie d'envoyer vers l'organisme le résultat de son métabolisme c'est-à-dire les nutriments retransformés et adaptés aux besoins du corps : ce transfert se fait par les **veines sus-hépatiques** drainant le sang du foie vers le cœur;
- Le **système biliaire** qui renvoie à l'intestin tous les déchets de l'organisme qui ont été filtrés et transformés par le foie.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

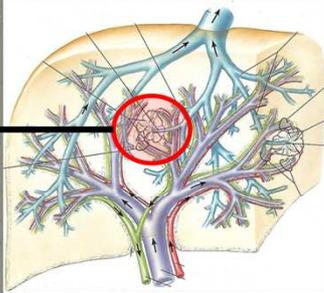
Le FOIE

Lobule Hépatique
= Unité Fonctionnelle
= Usine complexe



Unité de Stockage & diffusion des Nutriments





Unité de traitement des déchets





Unité de production de sels biliaries

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

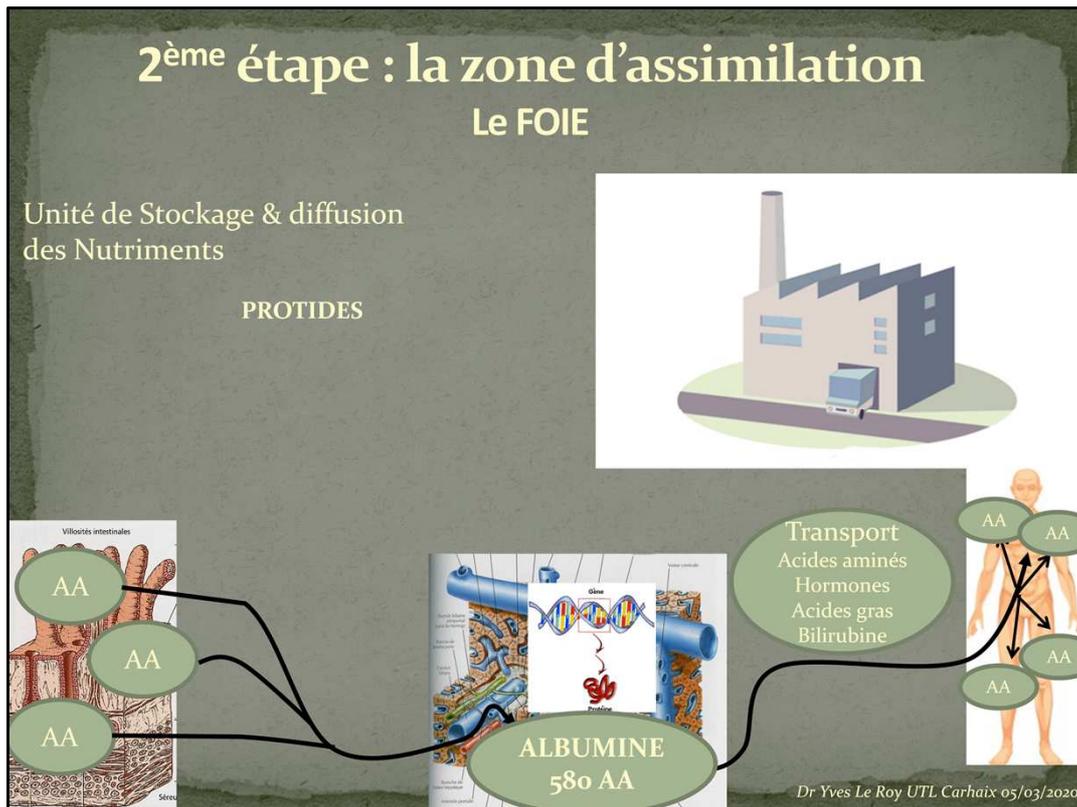
Dia 61 2^{ème} étape : la zone d'assimilation Le Foie

L'unité fonctionnelle du foie est le « **Lobule hépatique** ».

C'est une usine complexe qui reçoit sa part de nutriment par une veine centrale issue de la veine porte. Les nutriments baignent dans des lacs sanguins au contact des cellules du foie, les « **Hépatocytes** ».

Cette usine se décompose en 3 unités :

- Une unité de transformation stockage et diffusion des nutriments amenés par la veine centrale issue de la veine Porte;
- Une unité de traitement avant évacuation des déchets provenant des différents métabolismes de l'organisme;
- Une unité spécifique de production des sels biliaries et de bile chargée d'évacuer les déchets vers l'intestin.

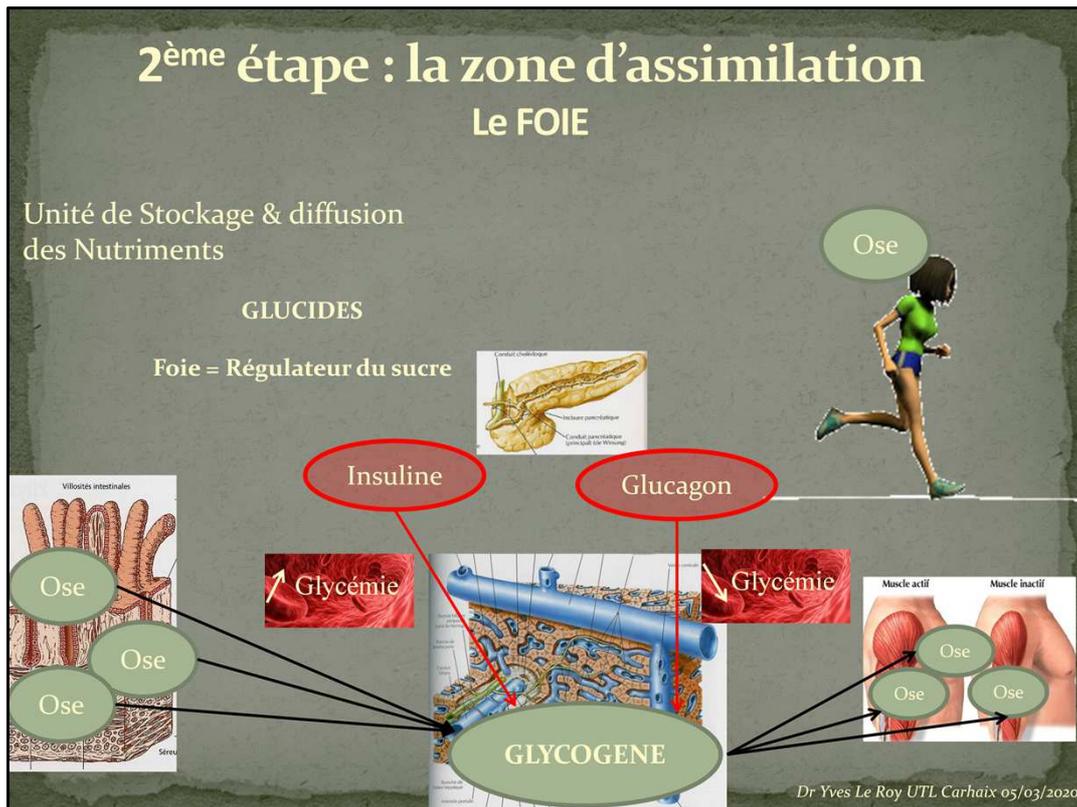
**Dia 62 2^{ème} étape : la zone d'assimilation****Le Foie : Unité de stockage et diffusion****1) Nutriments issus de la digestion des PROTIDES**

Les protides sont digérés en acides aminés lesquels arrivent dans le foie par le système veineux intestinal. Les cellules du foie « Hépatocytes » vont synthétiser avec ces acides aminés une grosse molécule de protéine appelée « **ALBUMINE** ».

Constituée de près de 600 acides aminés, elle constitue la principale protéine du plasma sanguin.

Son rôle est essentiel dans l'organisme

- C'est un gros « camion » qui transporte vers les cellules des hormones, des acides gras, de la bilirubine;
- C'est une réserve d'acides aminés pour les cellules qui en dégradant l'albumine récupère les acides aminés pour ses propres synthèses de protides;
- L'albumine a un rôle régulateur fondamental dans le répartition des liquides entre le système circulatoire, les cellules et le liquide interstitiel existant entre les cellules.

**Dia 63 2^{ème} étape : la zone d'assimilation****Le Foie : Unité de stockage et diffusion****2) Nutriment issus de la digestion des GLUCIDES**

Les glucides sont digérés en sucres simples appelés oses ou saccharides et qui arrivent dans le foie par le système veineux intestinal.

Le foie va constituer une réserve de « sucre-carburant » appelée « **GLYCOGENE** » qui est stockée au niveau du Foie et des Muscles.

La formation du Glycogène est induite par l'action d'une Hormone du Pancréas, l'INSULINE dont la sécrétion est provoquée par l'augmentation du taux de sucre dans le sang (Glycémie).

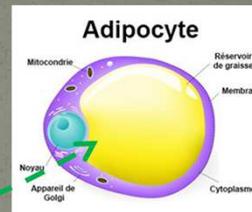
A l'inverse, en cas de besoin de sucre (effort), la diminution du taux de sucre dans le sang va stimuler la production d'une autre hormone du Pancréas, le GLUCAGON dont le rôle est d'induire la dégradation du Glycogène en sucre pour alimenter les cellules en carburant.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

Le FOIE

Unité de Stockage & diffusion
des Nutriments

LIPIDES – GLYCERIDES
Transport par Lipoprotéines



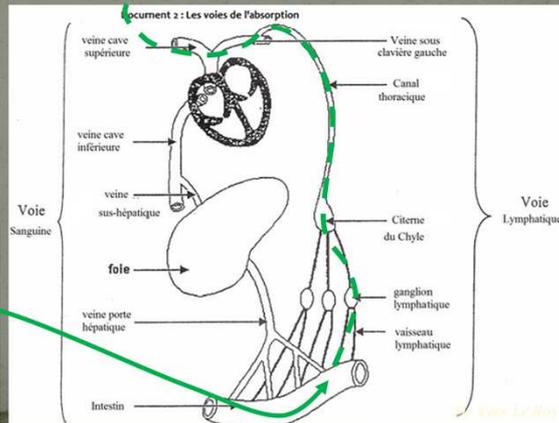
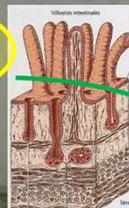
Bile

Lipase

AG – AG – AG
Triglycérides



Chylomicron



Dia 64 2^{ème} étape : la zone d'assimilation

Le Foie : Unité de stockage et diffusion

3) Nutriments issus de la digestion des LIPIDES

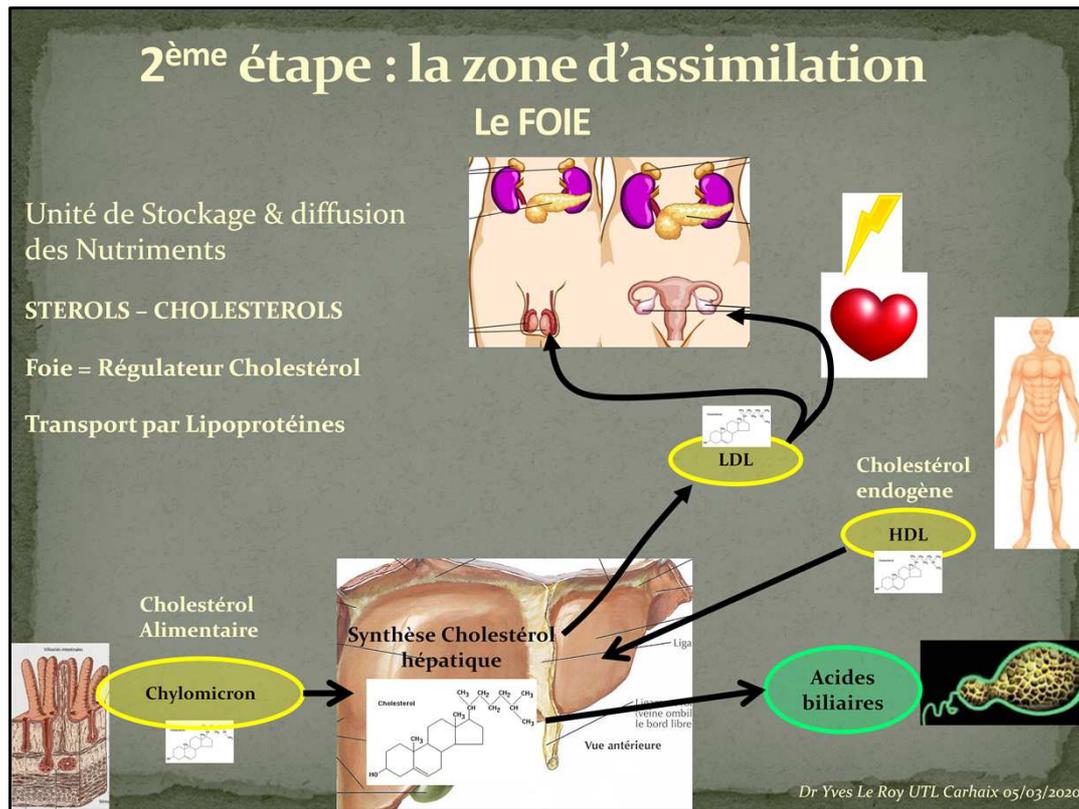
Sous l'action des sels biliaires de la bile les lipides de l'alimentation sont fragmentés en gouttelettes plus facilement dégradées par les enzymes digestifs (Lipases) en molécules plus simples appelés acides gras et triglycérides.

Ces lipides plus simples et légers sont absorbés par les cellules de l'intestin qui les transforment en une association de lipide et de protéine : c'est une **lipoprotéine** appelée « **CHYLOMICRON** ». C'est comme un gros camion pouvant transporter les graisses dans les liquides de l'organisme car ce chylomicron y est soluble.

En fait ces chylomicrons transportant les Acides Gras et les Triglycérides issus de la digestion empruntent une autre voie de circulation : la circulation lymphatique dont les canaux sont très nombreux la long de l'intestin.

Un gros canal lymphatique situé dans le thorax collecte ces chylomicrons et les envoie dans le sang dans une grosse veine de la base du cou.

De là, les chylomicrons transportent leur charge d'acides gras et de triglycérides vers les tissus en particulier les cellules de graisses ou « **Adipocytes** » qui vont les stocker en réserve d'énergie.



Dia 65 2^{ème} étape : la zone d'assimilation

Le Foie : Unité de stockage et diffusion

3) Nutriments issus de la digestion des LIPIDES

Les « Stérols » sont des graisses d'une autre nature que les graisses composées d'acides gras. Le cholestérol est à l'origine d'un grand nombre d'hormones en particulier la cortisone des surrénales et les hormones sexuelles produites par les ovaires et les testicules.

Le cholestérol est apporté au foie par l'alimentation, transporté par la lipoprotéine appelée « **Chylomicron** ».

Une autre lipoprotéine appelée « **HDL - High Density Lipoprotein** » est chargé de transporter au foie toute les graisses dégradées de l'organisme, graisses endogènes : résidus d'hormone, de cholestérol, de dépôts graisseux des artères. Le foie retransforme ces graisses en Cholestérol.

Le Foie va réguler le devenir de ce cholestérol selon les besoins de l'organisme.

Il va le coupler à une autre lipoprotéine appelée « **LDL - Light Density Lipoprotein** », chargée de transporter le cholestérol du foie vers les cellules de l'organisme en particulier vers les cellules endocrines qui s'en servent pour fabriquer des hormones. Ce LDL est susceptible de se décharger d'une partie de son cholestérol sur la paroi des artères ce qui conduit à la formation des plaques d'athérome. C'est pourquoi il est abusivement dénommé « mauvais cholestérol » par rapport au HDL qui est moins susceptible de déposer du cholestérol sur les parois des artères.

Le foie va aussi transformer ce cholestérol en **Acides Biliaries** dans la bile (détergent pour la digestion des graisses).

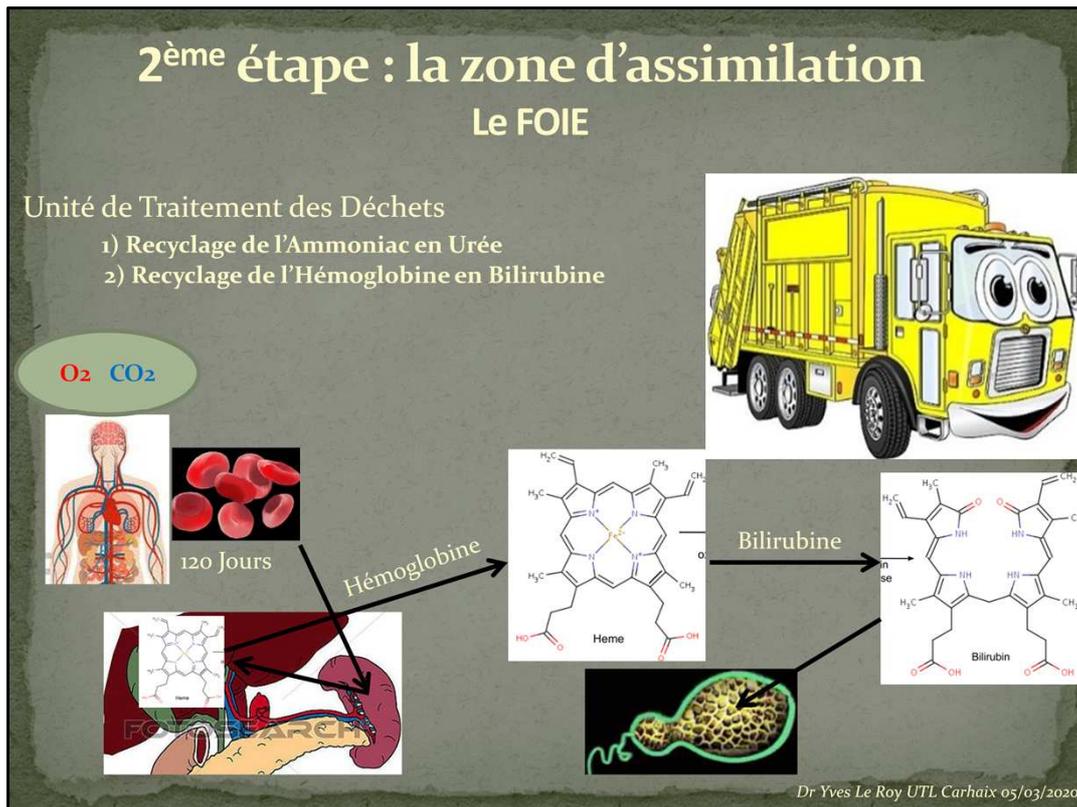


Dia 66 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
Le Foie : Unité de traitement des déchets
1) Recyclage de l'ammoniac en urée

Les acides aminés constituant les protéines sont caractérisés par la présence d'un radical chimique dénommé « **Amine** ». Il correspond à un atome d'azote lié à 2 atomes d'hydrogène – NH₂.

La dégradation des protéines de l'organisme (catabolisme), ainsi que la dégradation des acides nucléiques lors de la destruction du noyau des cellules en fin de vie implique d'éliminer le « radical azoté NH₂ » sous forme d'ammoniaque NH₃, molécule toxique pour l'organisme.

Le foie le permet dans une transformation de l'ammoniaque en **UREE** – CH₄N₂O – non toxique. Ce cycle hépatique de l'urée aboutit à son élimination dans les urines.



Dia 67 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
Le Foie : Unité de traitement des déchets
2) Recyclage de l'Hémoglobine en Bilirubine

Les globules rouges ou hématies, sont chargés de transporter l'oxygène inhalé du poumon vers les tissus pour permettre la respiration cellulaire aérobie qui fournit de l'énergie aux cellules.

L'hémoglobine qui constitue 95% de la masse des hématies est une métalloprotéine centrée sur un cation (ion négatif) de fer (Fe^{2+}).

Au contact des alvéoles pulmonaires, lors de l'inspiration, elle a la capacité de capter 4 molécules de dioxygène ($O_2 \rightarrow$ oxyhémoglobine) pour les amener dans les cellules des tissus.

Le dioxyde de carbone (CO_2) issu de la respiration cellulaire va de même se fixer à la place des 4 molécules d'oxygène ($4 CO_2 \rightarrow$ Carboxyhémoglobine) pour être ramené aux alvéoles pulmonaires et être expulsé lors de l'expiration.

La durée de vie des globules rouges est de 120 jours. Ils sont essentiellement détruits dans la rate et un peu dans le foie.

L'hémoglobine libérée est récupérée par le Foie et dégradée en bilirubine.

La bilirubine est éliminée dans l'intestin par la bile.

2^{ème} étape : la zone d'assimilation

Le FOIE

Unité de Traitement des Déchets

- 1) Recyclage de l'Ammoniac en Urée
- 2) Recyclage de l'Hémoglobine en Bilirubine
- 3) Recyclage des Médicaments

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 68 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
Le Foie : Unité de traitement des déchets
3) Biotransformation des médicaments

Tous les médicaments que nous ingérons sont éliminés après avoir subi le plus souvent une « **biotransformation** » essentiellement pour les rendre hydrosoluble afin de faciliter leur élimination par les reins, dans les urines ou par la bile dans les selles.

Certains médicaments peuvent être toxiques pour le foie, surtout lorsqu'il sont absorbés en trop grande quantité, et il convient alors d'être très respectueux des doses et de la fréquence des prises préconisées par le médecin (**respecter la posologie**).

C'est le cas en particulier d'un médicament de prescription courante, le **paracétamol**. Certaines formes pharmacologiques de cet antalgique sont couplées à de la **Codéine** pour augmenter son effet antidouleur. Une prise en excès pour son effet « morphine – like » est susceptible d'induire des lésions irréversibles du foie.

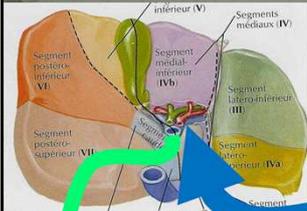
Cela a été décrit dans les cas d'usage détourné de paracétamol associé à de la Codéine chez des jeunes toxicomanes.

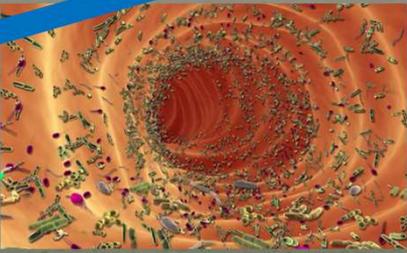
2^{ème} étape : la zone d'assimilation

Le FOIE

Unité de Traitement des Déchets

- 1) Recyclage de l'Ammoniac en Urée
- 2) Recyclage de l'Hémoglobine en Bilirubine
- 3) Médicaments
- 4) Microbes





Barrière intestinale

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

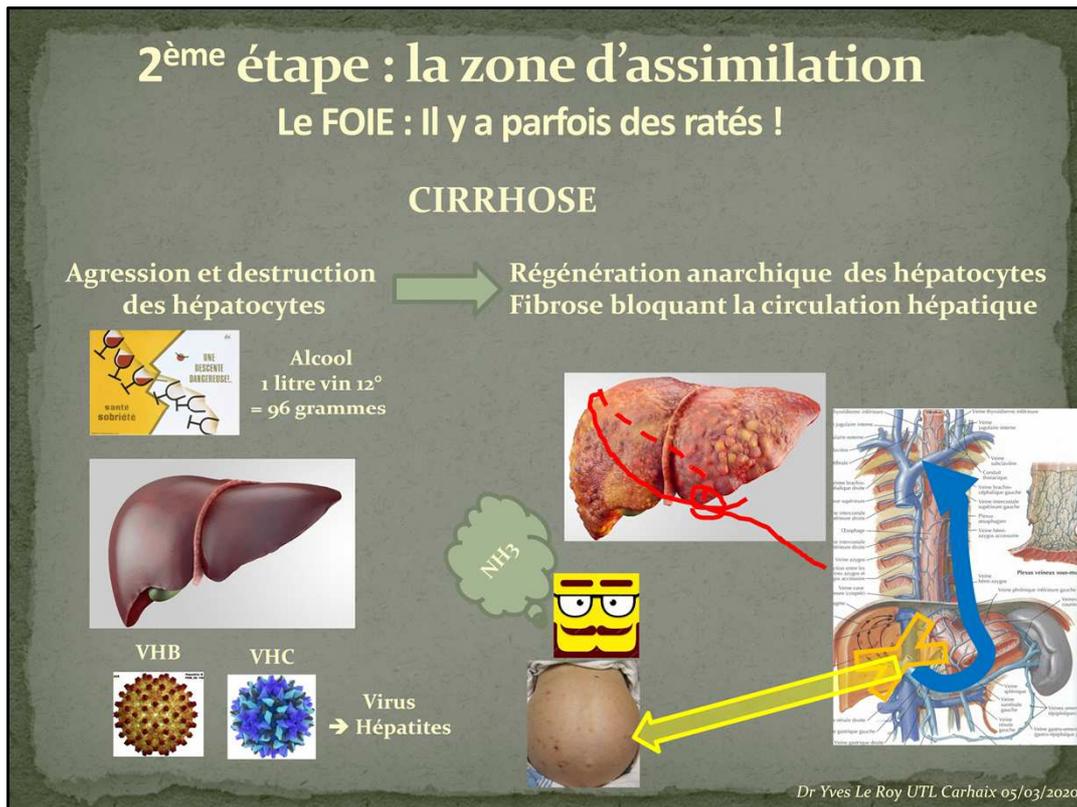
Dia 69 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
Le Foie : Unité de traitement des déchets
4) Elimination des microbes

Les microbes sont présents en abondance dans l'intestin dans lequel ils forment le « **MICROBIOTE** ». Ils sont régulièrement absorbés par la barrière intestinale et atteignent le foie par le sang de la Veine Porte.

Le foie se charge de les capter et de les renvoyer dans l'intestin par l'intermédiaire de la bile.

La présence de microbes dans la bile explique la possibilité d'une infection biliaire en cas de blocage prolongé de l'écoulement de la bile par un calcul.

- Si le blocage se produit à la sortie de la vésicule biliaire cela induit une infection appelée « cholécystite ».
- Si le blocage se produit au bas du canal cholédoque qui conduit la bile vers l'intestin, l'infection s'appelle une « angiocholite » et associe beaucoup de fièvre avec une jaunisse (ictère) par contamination du sang par la bile et les microbes.
- Si le blocage se produit au bas du canal cholédoque qui conduit la bile vers l'intestin, l'infection s'appelle une « angiocholite » et associe beaucoup de fièvre avec une jaunisse (ictère) par contamination du sang par la bile et les microbes.



Dia 70 2^{ème} étape : la zone d'assimilation
Le Foie : Il y a parfois des ratés !

La cirrhose du foie est liée à une destruction massive des hépatocytes (cellules du foie) par une substance toxique comme l'alcool absorbé en trop grande quantité pendant longtemps ou par un virus : surtout ceux de l'hépatite B (VHB) et de l'hépatite C (VHC).

Ces toxiques et ces virus entraînent une destruction plus ou moins rapide des cellules du foie avec régénération anarchique des cellules et constitution de cicatrices fibreuses dans le foie. Une insuffisance progressive des fonctions du foie produit un engorgement de bile dans le sang (ictère), un défaut de transfert des protéines par l'albumine avec une dénutrition, un défaut d'élimination de l'ammoniaque.

Les cicatrices fibreuses vont progressivement comprimer la circulation des veines issues de la veine porte avec une limitation de plus en plus sévère de la circulation à travers le foie et développement d'une circulation veineuse de suppléance pour dériver le sang vers la circulation générale. Les veines de l'estomac et de l'œsophage se dilatent et la pression à ce niveau peut provoquer des saignements importants (**hématomèse**).

L'augmentation de la pression dans les veines intestinales entraînent une exsudation de liquide dans le péritoine appelé « **ascite** ».

La seule solution de traitement est la greffe de foie réservée en priorité aux patients sevrée de la dépendance à l'alcool, et à ceux, souvent jeunes, qui sont victimes d'une cirrhose consécutive à une infection par un virus VHB ou VHC.

Les trois étapes du voyage

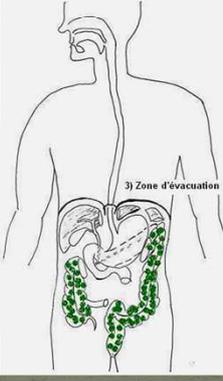
3^{ème} étape, la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures *

Sortie de l'Iléon → la digestion des aliments est terminée
Reste un résidu à concentrer et évacuer de façon socialement acceptable
Rôle important de la flore microbienne intestinale (**Microbiote**)

Colon Droit :
Flore de Fermentation
Glucides résiduels

- Cellulose des fibres alimentaires
- Amidons non digérés

→ Gaz H₂, O₂, CO₂, CH₄

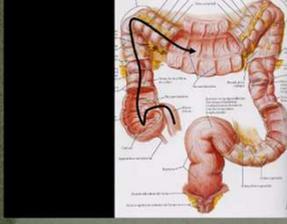
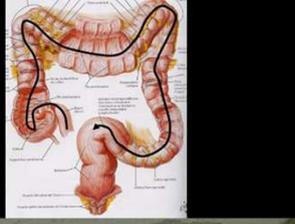


3) Zone d'évacuation

Colon Gauche :
Flore de Putréfaction
Protéines résiduelles

- Protides alimentaires
- Enzymes digestifs
- Cellules, bactéries mortes

→ Gaz H₂S, NH₃

* Madsen JL, Graff J. Effects of ageing on gastrointestinal motor function. Age Ageing. 2004; 33:154-159. Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 71 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

Le Gros intestin ou Colon

A la sortie de l'intestin grêle, la digestion est quasiment achevée.

Il reste un résidu assez important qu'il convient de concentrer puis d'évacuer de façon socialement acceptable !

Ce rôle est dévolu à la dernière partie du tube digestif : le « **Colon** » ou gros intestin et le « **Rectum** » qui s'abouche à l'anus.

C'est au niveau du colon que se loge la grande majorité des microbes constituant notre flore intestinale encore appelée « **MICROBIOTE** ».

Cette flore microbienne participe activement à la finalisation de la digestion:

- **Dans la partie droite du colon**, il s'agit d'une flore de « **Fermentation** » qui va digérer les glucides résiduels non digérés : glucides des enveloppes (haricots secs, flageolets) et une petite partie la cellulose des fibres alimentaires. Cette flore de fermentation va produire des gaz non odorants : essentiellement de l'Hydrogène (H₂), de l'Oxygène (O₂), du gaz carbonique (CO₂) et du Méthane (CH₄).

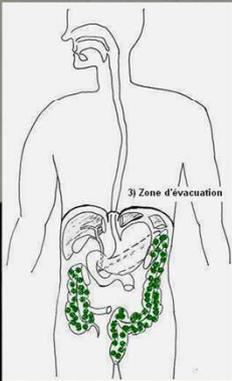
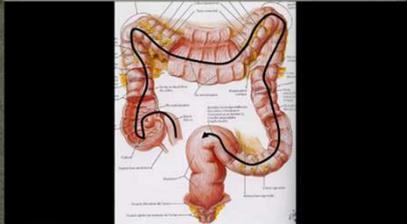
- **Dans la partie gauche du colon**, il s'agit d'une flore de « **Putréfaction** » qui va digérer les protéines résiduelles : protéines alimentaires non encore digérées, les molécules des enzymes digestifs, les cellules mortes, les bactéries mortes. Cette flore va produire des gaz odorants: Ammoniaque (NH₃), Hydrogène sulfuré (H₂S).

Les trois étapes du voyage

3^{ème} étape, la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures *

Sortie de l'Iléon → la digestion des aliments est terminée
Résidus à concentrer et évacuer de façon socialement acceptable
Rôle important du **Microbiote** intestinal

Rectum:
Régulation
- Evacuation des gaz
- Evacuation Selles
Mode socialement acceptable

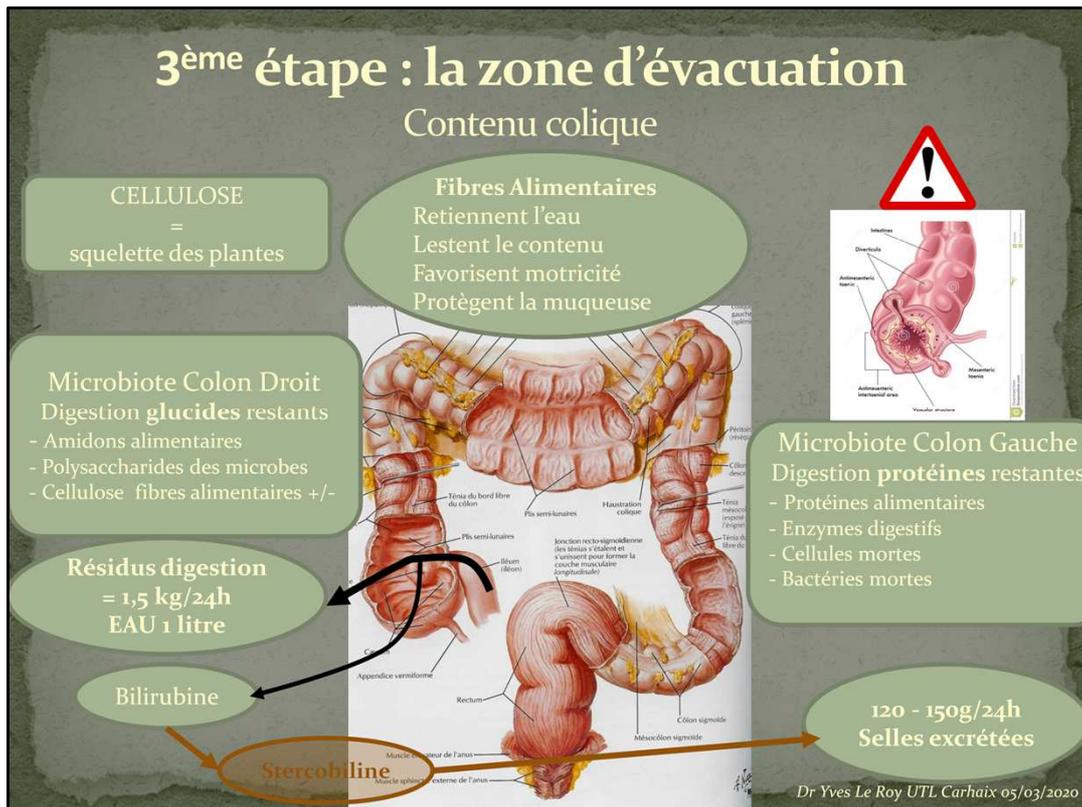


* Madsen JL, Graff J. Effects of ageing on gastrointestinal motor function. Age Ageing. 2004; 33:154-159. Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 72 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures Le Rectum

Le rectum, partie terminale du tube digestif a un rôle essentiel dans l'évacuation consentie et consciente des résidus de la digestion appelés « **Fèces** » ou Matières fécales.

Cette évacuation doit être régulée différemment pour les gaz et pour les selles de façon à permettre à l'individu de mener une vie sociale normale. Le conférencier tient à remercier le « **Musée Canadien de la nature - <https://nature.ca>** » situé à Ottawa qui a mis en ligne l'endoscopie virtuelle du tube digestif qui a servi à illustrer ce diaporama.



Dia 73 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

Contenu colique

Le résidu de la digestion arrivant dans le colon représente en moyenne une masse de 1,5 kg : 500 g de matières sèches et 1 litre d'eau résiduelle.

S'y associe la bilirubine excrétée par le foie. Celle-ci en émulsifiant les graisses de l'alimentation, a permis leur digestion par les enzymes digestifs (lipases du pancréas).

La Bilirubine se transforme, sous l'action du microbiote en « **stercobiline** » qui va donner la couleur brune aux selles.

L'eau résiduelle va être en grande partie réabsorbée dans le Colon Droit.

Les 500 g de matières résiduelles sont constituées de restes d'aliments non digérés et de résidus de la sécrétion intestinale. Les résidus alimentaires sont constitués essentiellement par la cellulose qui est le squelette des légumes apportés par l'alimentation.

La cellulose est digérée par les bactéries du colon droit chez les herbivores.

L'homme étant, au même titre que d'autres mammifères, un animal omnivore dont l'alimentation comporte une part de protéines animales, son microbiote digère très peu de cellulose et les fibres alimentaires non digérées contribuent largement à l'harmonie du fonctionnement du gros intestin.

Le rôle bénéfique des fibres alimentaires se décline ainsi :

- Augmentation du volume des selles en limitant la réabsorption de l'eau résiduelle et en lestant le contenu colique.
- Amélioration de la motricité intestinale, les contractions coliques sont plus efficaces sur un contenu abondant que sur un contenu pauvre; la progression sera améliorée.
- Protection de la muqueuse colique de l'agression des graisses insaturées en excès, d'où une limitation des risques de cancer colique et de diverticulose.

La Diverticulose colique est une maladie fréquente au-delà de la soixantaine. Elle est caractérisée par l'apparition de hernies de la muqueuse colique à travers les orifices de la paroi par où pénètrent les vaisseaux sanguins. Au niveau d'un diverticule, la muqueuse est directement au contact du péritoine. En cas de séquestration de matière fécale dans le diverticule, une infection peut survenir (**diverticulite**).

Le meilleur remède à cette pathologie est l'augmentation de l'absorption d'eau de boisson et de fibres alimentaires contenus dans les légumes et les fruits.

Au total des 500g de matières résiduelles arrivant en moyenne par 24h dans le colon droit, nous allons éliminer, encore en moyenne, de 120 à 150 g de selles par 24 heures.

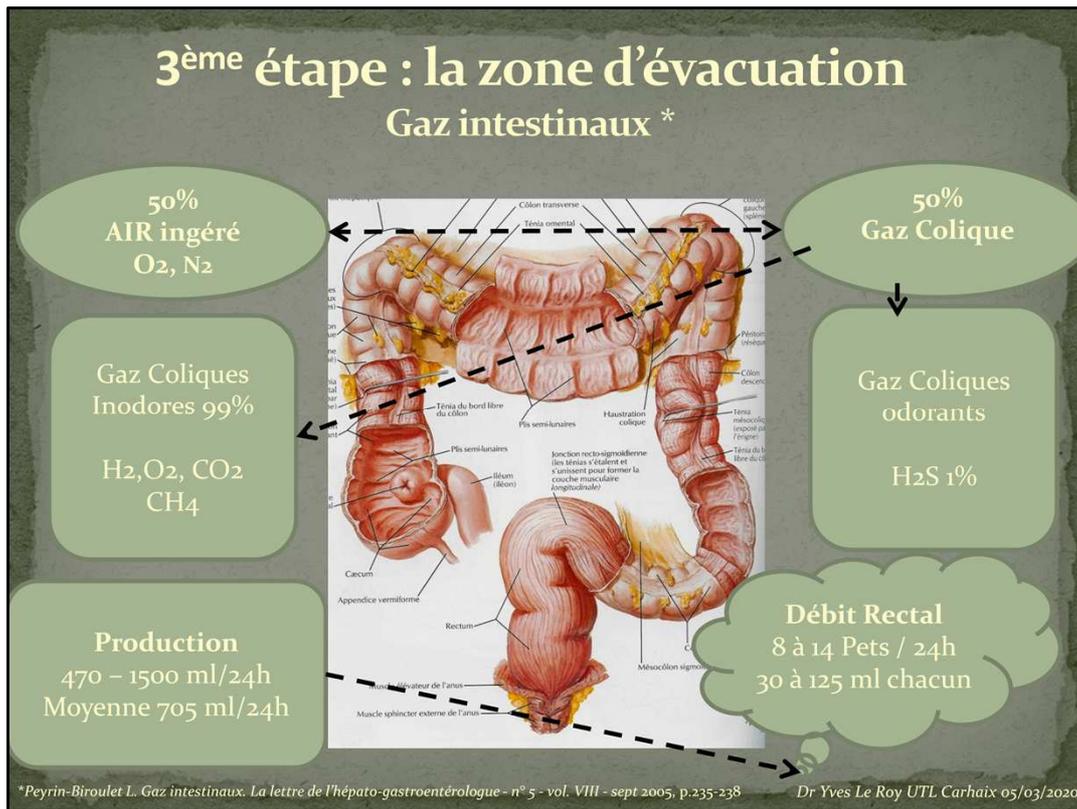


Dia 74 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

Contenu colique : incidence des fibres alimentaires sur la fréquence du Cancer colo-rectal

La réalité du rôle bénéfique d'un régime riche en fibres est attestée par la grande différence de l'incidence du Cancer colo-rectal entre les pays selon la richesse en fibres des régimes alimentaires des habitants : 25 cas pour 100 000 habitants par an en Europe de l'Ouest, 7 cas pour 100 000 habitants par dans les pays du Magreb.

Parallèlement le poids moyen des selles excrétées quotidiennement est en moyenne de 150g en Europe contre 400g Afrique du fait d'habitudes alimentaires privilégiant les fibres en grande quantité dans l'alimentation.



Dia 74 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures **Gaz intestinaux**

La production journalière de gaz intestinaux par le gros intestin a été évaluée entre 470 à 1500 millilitres pour une moyenne de 705 millilitres par 24 heures.

Le débit rectal a été évalué entre 8 et 14 pets par 24 heures d'un volume de 30 à 125 millilitres chacun.

Les gaz intestinaux sont constitués :

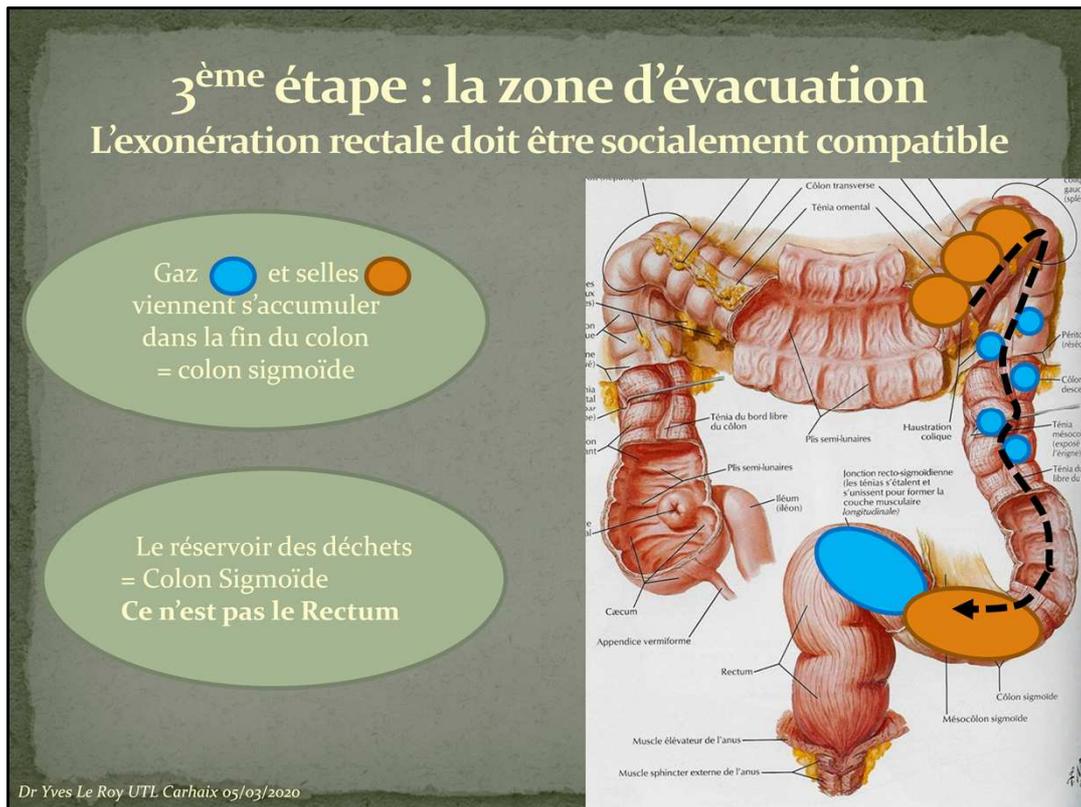
- Pour 50% par du gaz issu de l'air inhalé à chaque déglutition du bol alimentaire : Dioxygène (O₂) et Diazote (N₂).

- Pour 50% par des gaz produits par la flore microbienne présente dans le colon. Ces gaz coliques sont eux-mêmes constitués :

- Pour 99% par des gaz inodores : Hydrogène (H₂), Dioxygène (O₂), Dioxyde de carbone (CO₂), Méthane (CH₄);

- Pour 1% par des gaz odorants : essentiellement de l'hydrogène sulfuré avec son odeur si particulière « d'œuf pourri » (H₂S).

La référence de ces chiffres est indiquée au bas de la diapositive.

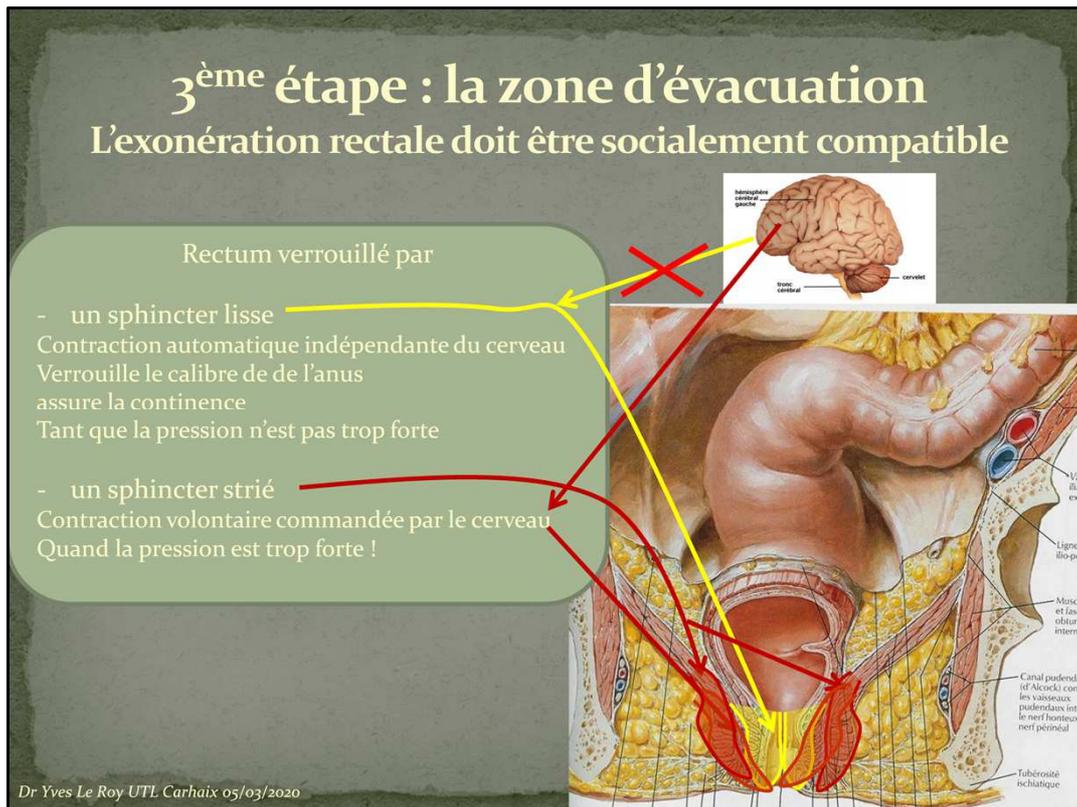


Dia 76 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures
L'exonération rectale doit être socialement compatible

Pour une relation sociale harmonieuse, l'exonération rectale doit pouvoir s'effectuer dans une certaine discrétion.

Pour comprendre ce mécanisme de régulation, si important dans nos vies quotidiennes, il importe de réaliser comment se passe l'accumulation des résidus et la discrimination qu'il faudra effectuer entre les gaz qui pourront à priori être évacués discrètement sans se présenter aux toilettes et les selles qu'il conviendra d'évacuer dans les toilettes avec une fréquence acceptable.

Le premier élément concerne le réservoir qui n'est pas, comme on le pense souvent le rectum, mais le colon sigmoïde situé au-dessus et dans lequel gaz et selles vont s'accumuler.



Dia 77 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures
Pour une exonération rectale socialement compatible

Le rectum se termine au niveau de l'anus qui est un canal musculaire long de 4 à 5 cm.

Ce canal anal est fermé par un sphincter automatique dénommé « **Sphincter lisse** » similaire à celui du pylore qui ferme la sortie de l'estomac.

La contraction de ce sphincter ne dépend pas de la volonté, Il est naturellement fermé par un tonus permanent et il ne pourra s'ouvrir que si une pression suffisamment forte s'exerce au-dessus, pression d'un niveau supérieur à la pression de fermeture de ce sphincter lisse.

Le cerveau n'intervient pas dans le fonctionnement de ce sphincter.

L'anus comporte un deuxième sphincter qui vient doubler le sphincter lisse. Ce 2^{ème} sphincter est un muscle qui obéit à la volonté. C'est le cerveau qui déclenche sa contraction pour verrouiller la fermeture du canal de l'anus quand la pression est trop forte.

Ce 2^{ème} sphincter est un « **sphincter strié** » à commande volontaire par intervention du cerveau.

3^{ème} étape : la zone d'évacuation

L'exonération rectale doit être socialement compatible

RÉGULATION
d'une défécation
socialement acceptable

DISCRIMINATION

1. Je ressens un besoin
2. Quelle est la nature du contenu ?

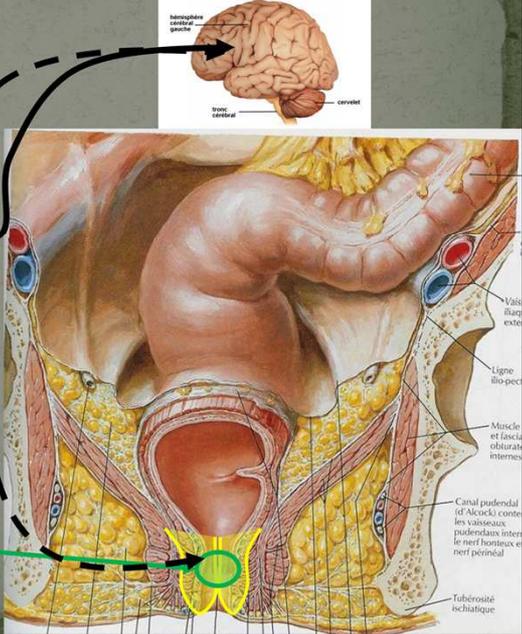
Gaz ?
Selle ?
Je sais pas ?







Échantillonnage du contenu
permis par le PECTEN



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

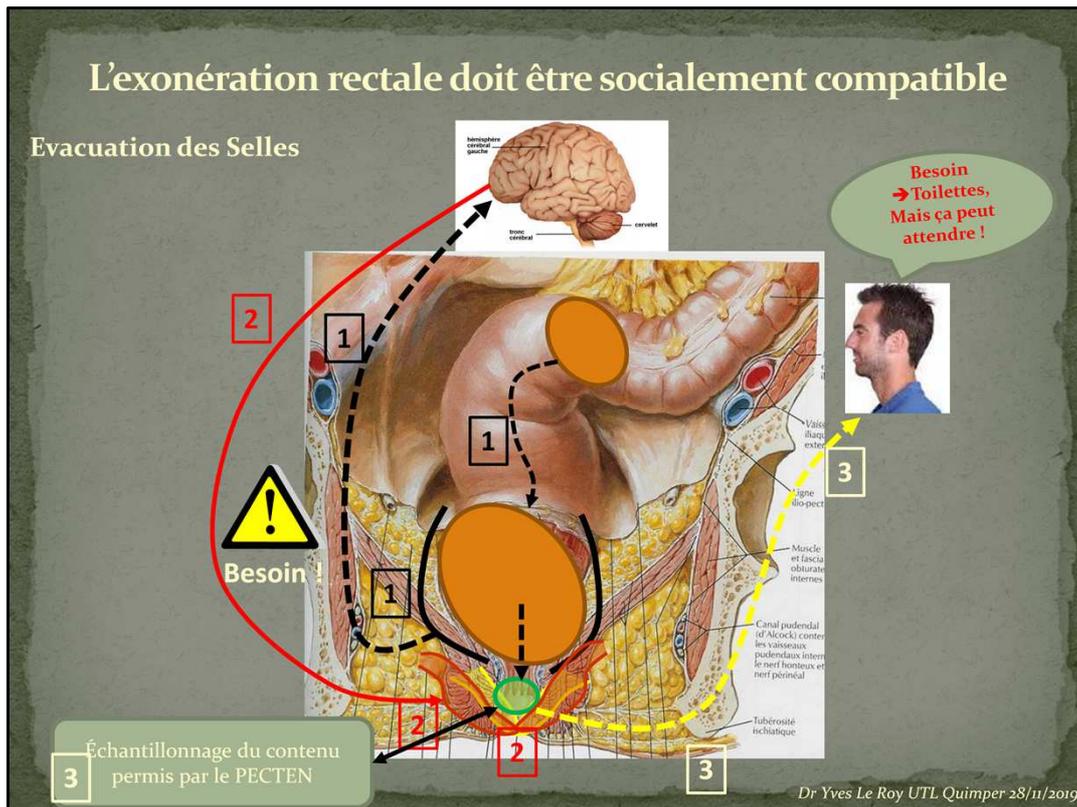
Dia 78 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures
Pour une exonération rectale socialement compatible

La régulation d'une exonération rectale (défécation) socialement acceptable est basée sur un mécanisme très important de **DISCRIMINATION**.

Il importe pour l'individu de ressentir le besoin d'évacuer et d'identifier le contenu qui doit être évacué pour choisir le moment optimum: ce contenu est-il fait de Gaz, de selles solides ou d'un « entre-deux » : selles liquide ou gaz ?

Une zone particulière de la muqueuse du canal de l'anus est équipée de récepteurs nerveux très sensibles qui sont mis en jeu dans ce processus de discrimination. Cette zone s'appelle le « **PECTEN** » et est situé à la partie moyenne du canal anal.

Ce sont ces récepteurs qui échantillonneront une petite partie du contenu pour envoyer le message d'identification de la nature du contenu au cerveau.



Dia 80 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

L'exonération rectale doit être socialement compatible : évacuation des selles

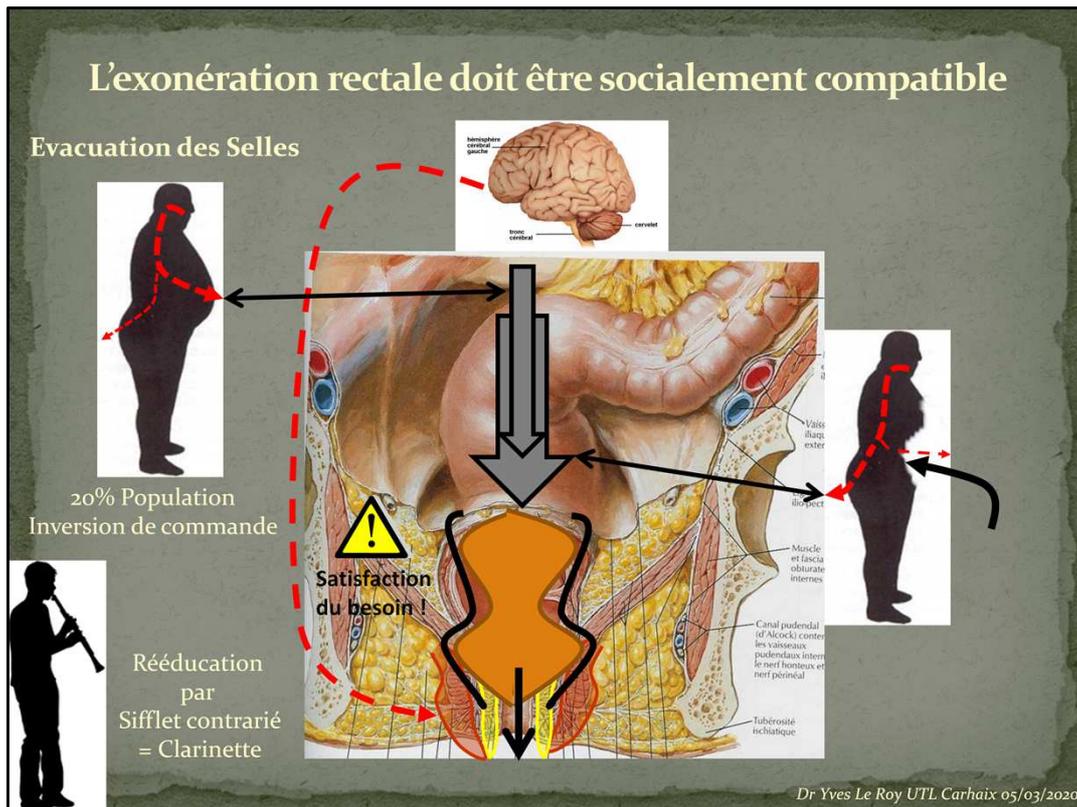
Pour l'évacuation des selles, le processus de discrimination est identique.

1 Lorsqu'une accumulation de matières fécales se produit au niveau du rectum, la distension de ce dernier va déclencher une sensation de « BESOIN » perçue par le cerveau.

2 Le cerveau va envoyer un ordre au sphincter strié qui double le sphincter lisse et cet ordre aboutit à une contraction du sphincter volontaire pour « verrouiller l'occlusion » et en même temps à une petite poussée du muscle rectal qui va envoyer un peu de contenu sur la zone du Pecten.

3 L'analyse révèle que le contenu est solide. L'évacuation impliquera la nécessité de s'isoler aux toilettes.

Selon l'impression d'urgence ou non, il est possible de retarder l'exonération : une forte contraction du sphincter anal et de l'ensemble du périnée permet généralement d'atténuer la sensation de besoin et d'attendre un moment plus favorable.



Dia 81 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

L'exonération rectale doit être socialement compatible : évacuation des selles

Lorsque qu'est venu le moment d'évacuer les selles par la « Défécation », le cerveau va donner l'ordre à l'appareil sphinctérien de l'anus de satisfaire le besoin.

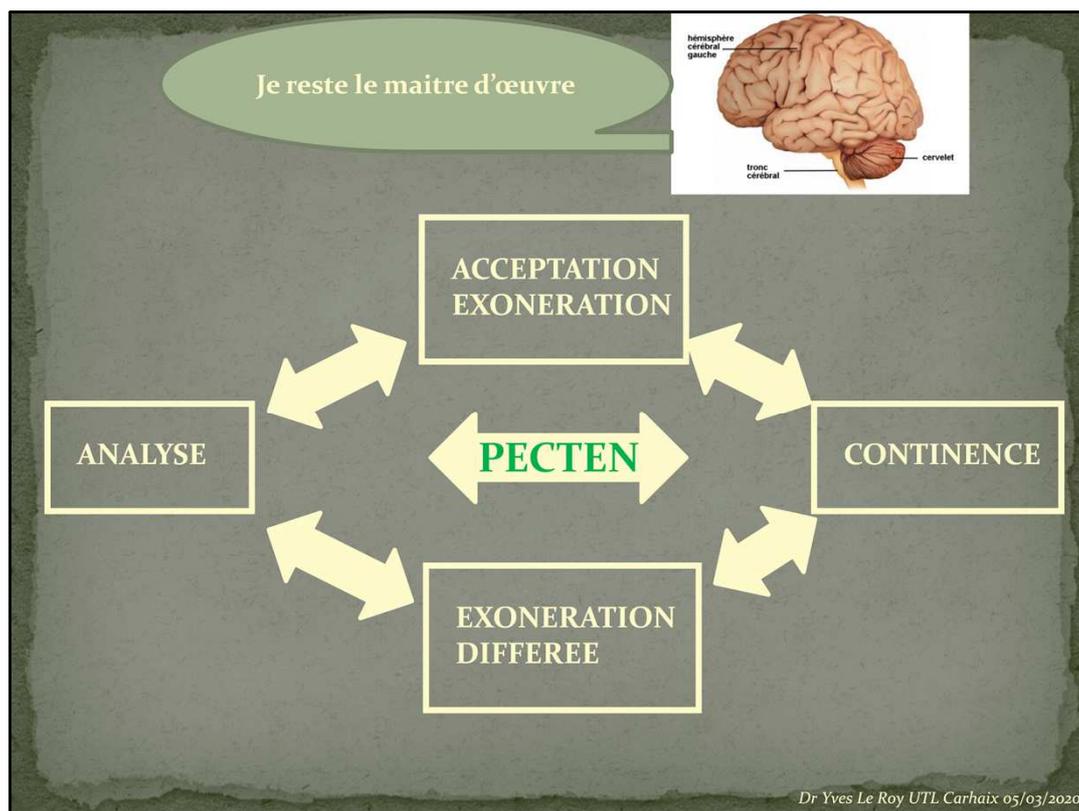
Il s'agit d'un ordre de relâchement du sphincter strié qui va s'ouvrir. Une contraction abdominale associée va augmenter la pression sur le périnée et entrainer le relâchement du sphincter lisse de l'anus qui va s'ouvrir à son tour. Accompagnée par des contractions du rectum, le contenu de matières fécales va s'évacuer.

« L'envie de pousser » se prolongera tant que le pecten est stimulé par la présence de matières résiduelles.

Malheureusement près de 20% de la population est peu ou prou affectée par une anomalie de ce fonctionnement : il s'agit d'une « inversion de la commande ». Ces personnes ont de difficultés à relâcher le sphincter strié et cette difficulté est associée à une poussée abdominale mal orientée vers l'avant et non vers le bas. Pour s'avoir si on est concerné par cette anomalie, il suffit de mettre la main sur le ventre et de tousser : en cas d'inversion de commande on constatera que la paroi abdominale s'avance au lieu de s'enfoncer.

Les techniques de rééducation du périnée sont basées sur le principe de la « Clarinette » : pour obtenir un son en soufflant dans cet instrument il est

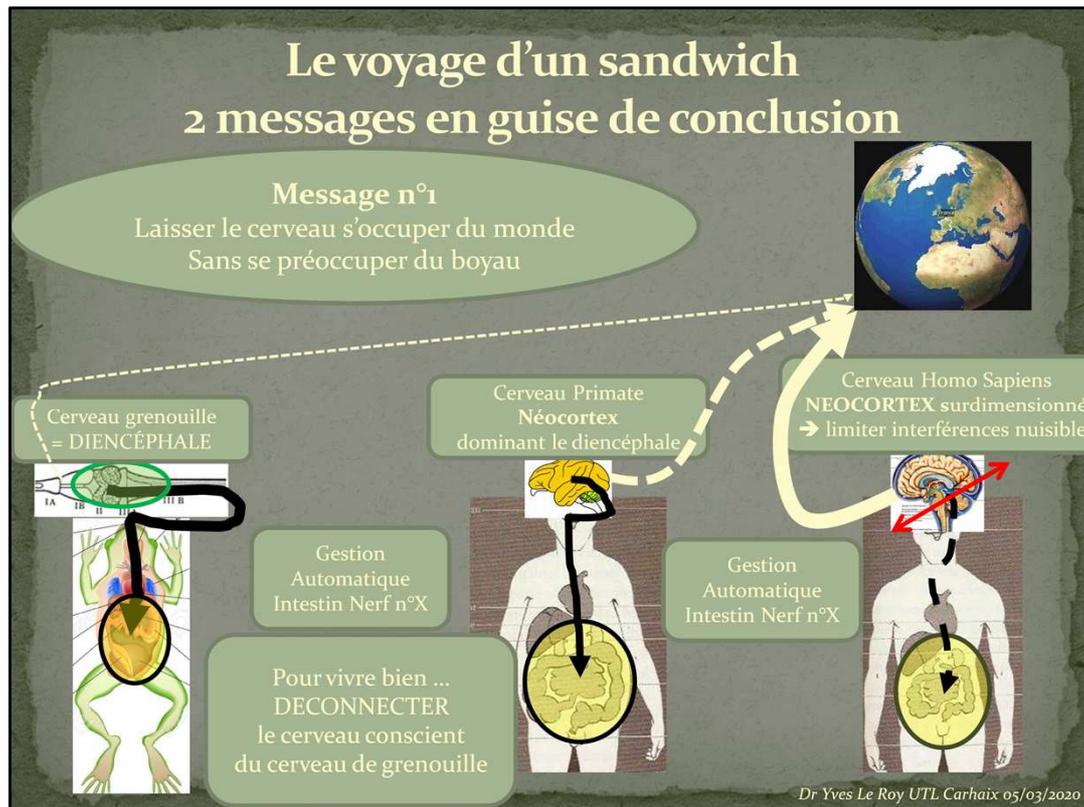
impératif de rentrer le ventre pour majorer suffisamment le souffle émis. Le kinésithérapeute utilise un sifflet partiellement obturé dont l'usage amènera la personne concernée à rentrer le ventre lors de l'expiration contrariée à travers le sifflet.



Dia 82 3^{ème} étape : la zone d'évacuation : durée 39 à 66 heures

Pour résumer

Le cerveau reste le maître d'œuvre de l'exonération grâce à la capacité d'analyse du contenu et de discrimination du PECTEN.



Dia 83 Le voyage du sandwich

2 messages en guise de conclusion

Message n°1 : laisser le cerveau s'occuper du monde sans se préoccuper du boyau

L'évolution a affecté aux êtres vivants, dotés d'un système digestif pour leur alimentation, un cerveau « primitif » appelé le « **DIENCÉPHALE** ».

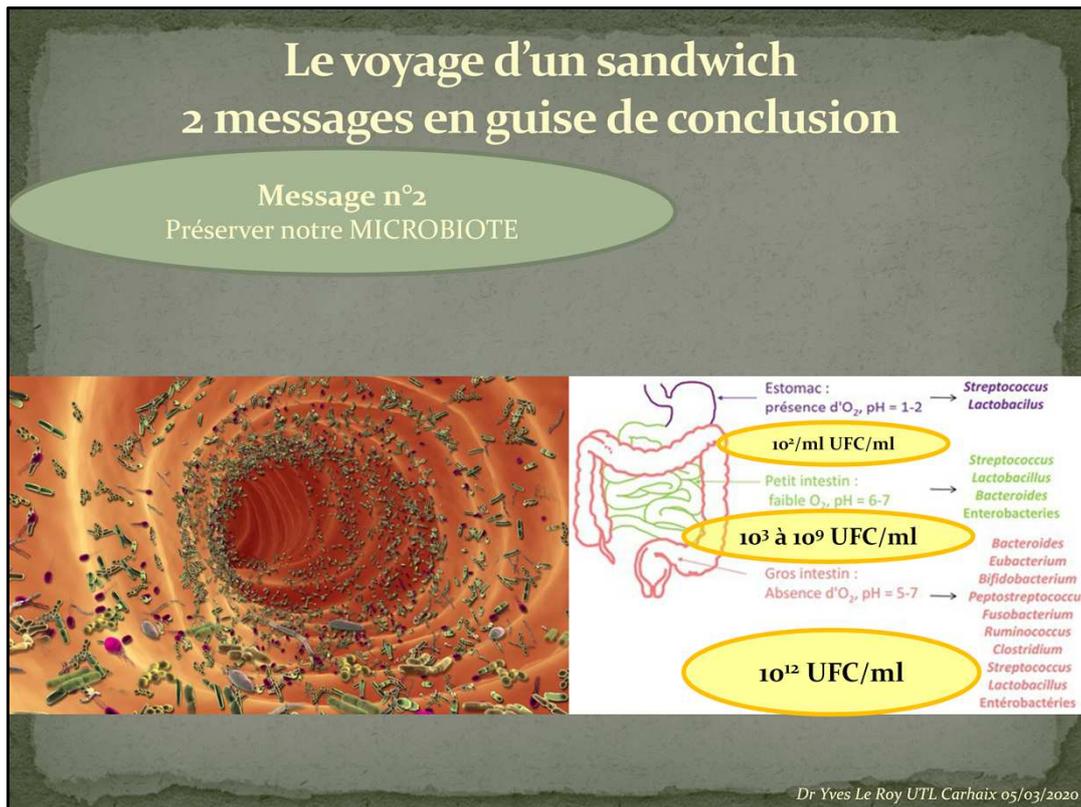
Ce cerveau est chargé de gérer tous les automatismes du fonctionnement de l'intestin : c'est une sorte de « gare de triage » qui gère les influx nerveux provenant de l'intestin comme l'influx provoqué par la stimulation des plexus interne de la paroi intestinale qui transmettent la sensation locale de dilatation lors de l'arrivée du bol alimentaire. En réflexe, le diencéphale envoie un ordre de contraction ce qui induit le péristaltisme. Cette gestion automatique du fonctionnement de l'intestin est conduite par une « autoroute nerveuse » appelée nerf « Pneumogastrique » encore appelé nerf « Vague ». Il est identifié par le chiffre 10 en chiffre romain « X » car appartenant à la 10^{ème} paire de nerfs crâniens.

Les Primates et l'homme qui en est issu, sont dotés d'un cerveau « conscient » appelé « **NEÉNCÉPHALE** » dont la fonction essentielle est d'observer l'environnement proche pour le primate, proche et lointain ou lointain pour l'homme.

Une grande part des signes de désordre de l'appareil digestifs sont en rapport

avec une intervention intempestive du cerveau conscient – Néencephale – sur le fonctionnement automatique de l'intestin. Ces désordres souvent très invalidants sont étiquetés « Fonctionnels ou psychosomatique car ils témoignent souvent d'un retentissement organique d'une manifestation psychologique induite par le de stress, l'anxiété ou autre ...

La diapositive fait référence au cerveau de la grenouille dont la fonction se limite quasiment à celle du diencéphale, l'exploration de son environnement se limitant à rechercher l'insecte qui assurera son repas !



Dia 84 Le voyage du sandwich

2 messages en guise de conclusion

Message n°2 : laisser se développer notre MICROBIOTE

Notre intestin héberge un gros réservoir de microbes. La concentration de ces microbes dans le tube digestif augmente au fur et à mesure que l'on va vers le colon. La nature des germes dépend du niveau du tube digestif concerné.

Ces microbes forment une grande famille appelée « MICROBIOTE ». Le microbiote est spécifique à un individu donné.

La cohabitation entre le corps et nos microbes doit être harmonieuse.

Notre microbiote se constitue dès la naissance par ingestion des germes de la maman

↓ Allaitement
↑ Biberons stérilisés → Un microbiote appauvri

Les ANTIBIOTIQUES C'EST PAS AUTOMATIQUE !!!

Césariennes
1945 4%
2015 20 à 30%

Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020

Dia 85 Le voyage du sandwich

2 messages en guise de conclusion

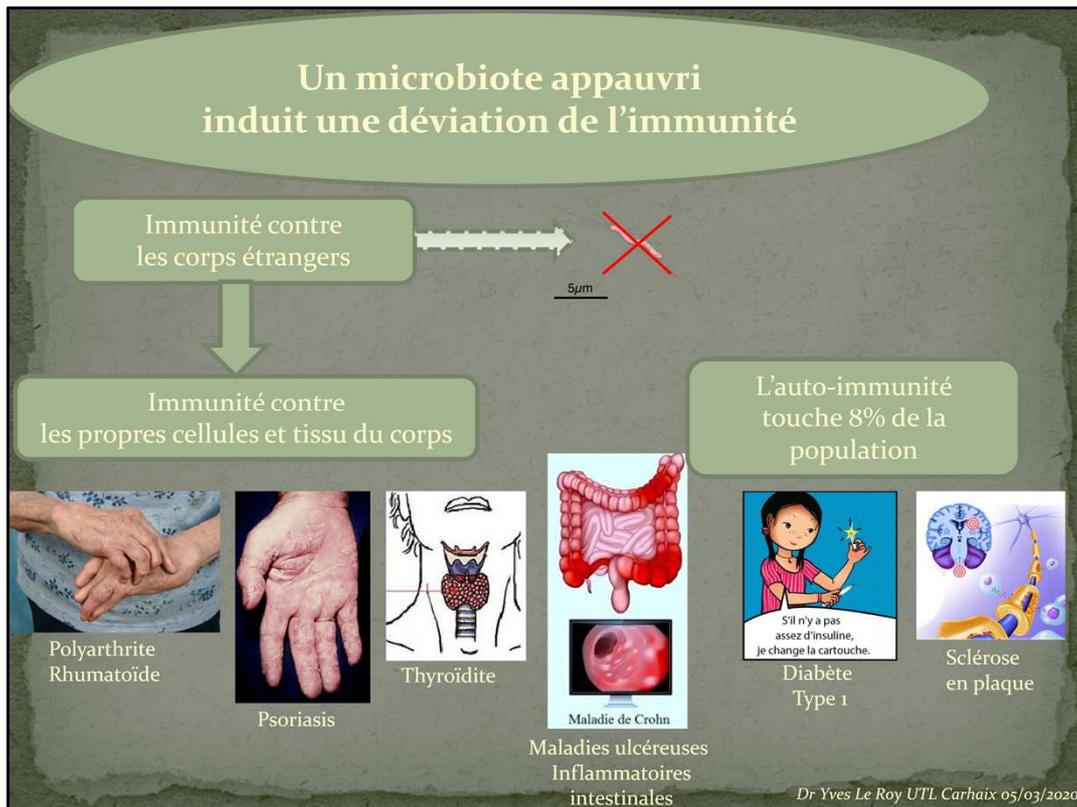
Message n°2 : laisser se développer notre MICROBIOTE

Notre microbiote se constitue dès la naissance grâce à l'ingestion des microbes présents dans la filière génitale de la maman. Il s'enrichit au fur et à mesure de la diversification de l'alimentation; au départ il est favorisé par l'allaitement.

Depuis quelques décennies, on constate une propension à augmenter le nombre des césariennes, dont la fréquence est passée de 1945 à 2015 de 4% à 20% sans que la justification d'une nécessité par rapport au risque de l'accouchement par voie basse ne soit toujours avérée !

En outre les enfants grandissent de plus en plus dans un environnement aseptisé. Le recours aux antibiotiques, délétères pour les germes intestinaux, a été beaucoup plus fréquent.

De ce fait il semble qu'avec le temps, le microbiote des certains individus se soit appauvri.



Dia 86 Le voyage du sandwich

2 messages en guise de conclusion

Message n°2 : laisser se développer notre MICROBIOTE

Depuis une quinzaine d'années la recherche médicale s'intensifie sur la rôle du Microbiote et sur les conséquences de son appauvrissement.

Une première catégorie de maladie semble en relation avec ce mécanisme. Il s'agit des maladies auto-immunes caractérisées par le développement chez un individu d'une immunité viciée qui développerait des anticorps dirigés contre les propres cellules de certains organes du même individu.

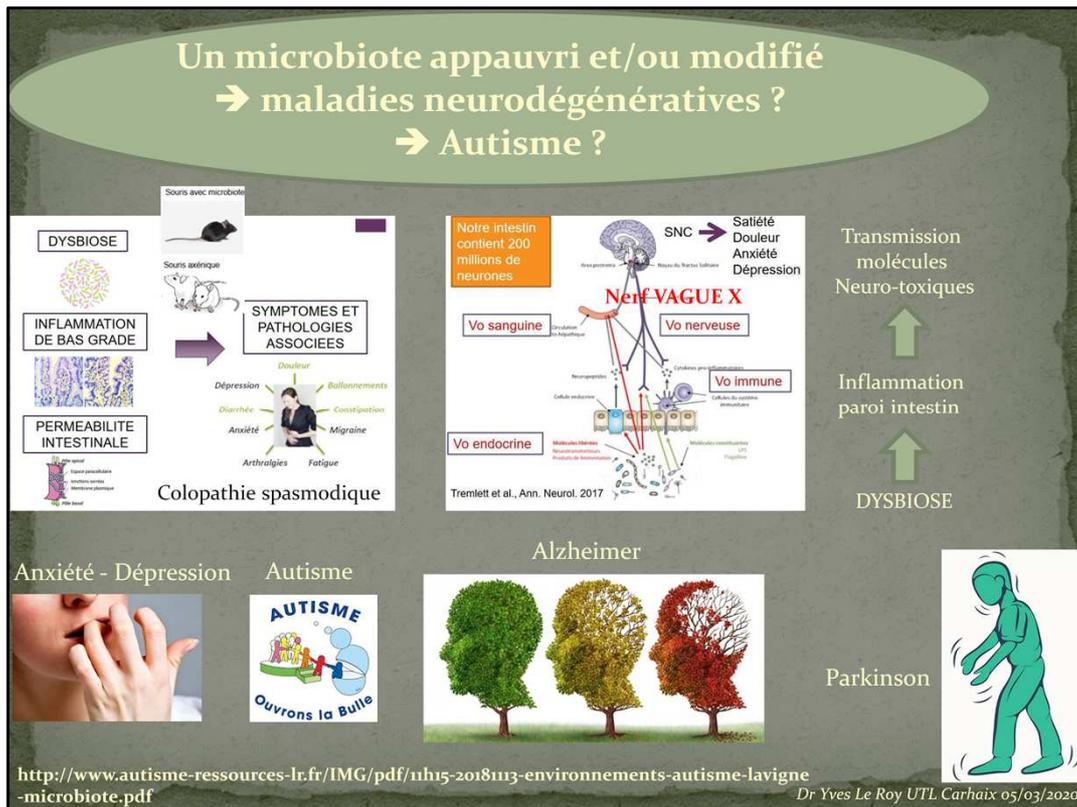
Ces maladies auto-immunes voient leurs fréquence et leur diversité s'accroître depuis les années 1970 *. Aujourd'hui, 80 maladies auto-immunes sont répertoriées et elles touchent 8% de la population mondiale.

Parmi ces maladies on peut citer :

- La polyarthrite rhumatoïde qui détruit les synoviales articulaires et provoque des rhumatismes déformant;
- Le Psoriasis maladie cutanée invalidante parfois coupée avec des rhumatismes inflammatoires;
- Les Maladies Inflammatoires Chroniques de l'Intestin (MICI) parmi lesquelles la maladie de Crohn et la Rectocolite hémorragiques, 2 maladies invalidantes de l'intestin survenant souvent chez des sujets jeunes;
- Certaines thyroïdite détruisant les cellules productrices d'hormone thyroïdienne;
- Certaines formes de Diabète de Type 1 – insulino-dépendant.
- Certaines maladies neurologiques comme la Sclérose en Plaque

Pour toutes ces maladies le mécanisme d'apparition n'est pas univoque mais l'altération du microbiote semble y jouer un rôle déterminant.

Une partie de cette altération pourrait provenir d'un déficit d'exposition aux germes constitutifs du microbiote dès la naissance et/ou à une altération de la qualité de ce microbiote par une exposition exagérée à des substances qui lui sont toxiques au premier rang desquelles se rangent les antibiotiques !!



Dia 87 Le voyage du sandwich

2 messages en guise de conclusion

Message n°2 : laisser se développer notre MICROBIOTE

Il est prouvé expérimentalement, chez la souris, que le microbiote intestinal participe largement au dialogue Intestin – Cerveau.

Il a été démontré certaines modifications du microbiote (Dysbiose) induisent une inflammation de la paroi intestinales avec modification de sa perméabilité. Cela induit des phénomènes marqués d'anxiété avec des manifestations douloureuses abdominales appelées « colopathie spasmodique ».

Les recherches se sont multipliées ces dernières années et tendent à prouver que, sous l'influence de facteurs environnementaux ou alimentaires, certaines perturbation du Microbiote (DYSBIOSE) pouvaient induire des stimulation néfaste du système immunitaire et du système nerveux intestinal.

Ainsi pourrait s'enclencher un cercle vicieux transmettant des neuromédiateurs perturbant le fonctionnement de diverses aires du cerveau.

Ces processus semblent impliquées çà des degrés divers chez des personnes atteintes de maladie de Parkinson, de troubles autistiques et même de maladie d'Alzheimer.

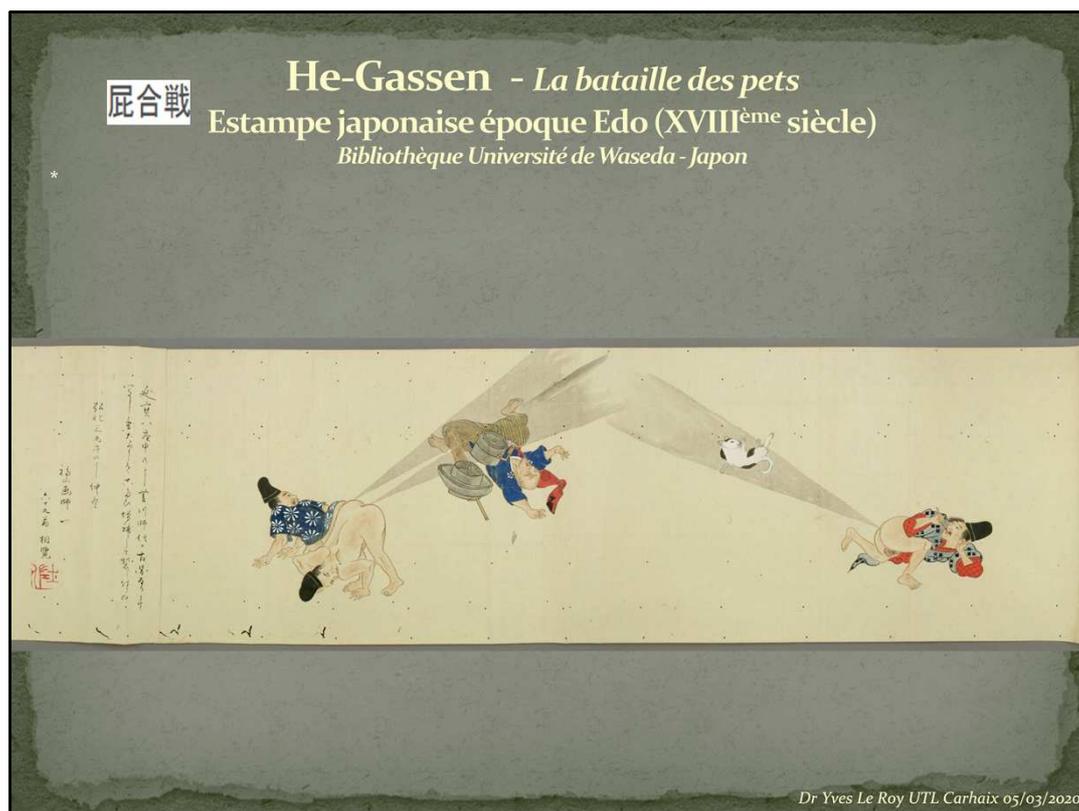
Le voyage d'un sandwich 2 messages en guise de conclusion

Pour un ventre
en forme et heureux

- Le laisser vivre sa vie
- Manger des fibres
- Se lâcher
- Respecter et amplifier son microbiote



Dr Yves Le Roy UTL Carhaix 05/03/2020



Dia 89 Le voyage du sandwich

He-Gassen

Cette diapositive est destinée à renforcer le message exprimé dans la diapositive précédente : « pour avoir un ventre serein et détendu, il ne faut pas hésiter à se lâcher ! »

Elle représente l'intégralité d'une estampe japonaise réalisée par un artiste inconnu pendant la période Edo et remontant vraisemblablement à la fin du 18^{ème} siècle. Cette estampe a été numérisée et diffusée par l'Université de Waseda au Japon.

Elle représente divers personnages, surtout masculin, plus ou moins dévêtus et distribuant force pets en direction d'autres personnes.

Cette métaphore correspond vraisemblablement à une réaction contre la présence d'européens de plus en plus nombreux dans l'archipel dans un contexte politique de xénophobie rampante.