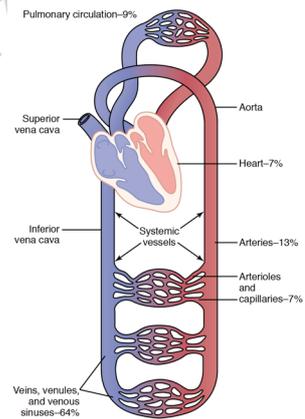


# PHYSIOLOGIE CARDIO VASCULAIRE

## Bases de physiologie cardiovasculaire



**Pr G. LEFTHERIOTIS**  
**2017-2018**



### préambule

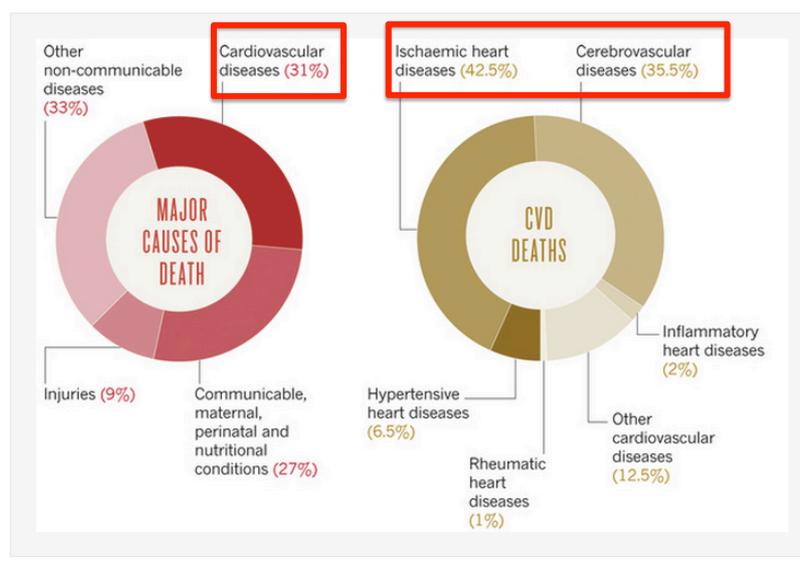
- Attention: certaines photos ou schéma de ce cours sont soumis à droits d'auteurs et ne peuvent donc pas être reproduit sans l'autorisation de leurs auteurs
- Les mots en rouge sont les mots clés indispensables à connaître

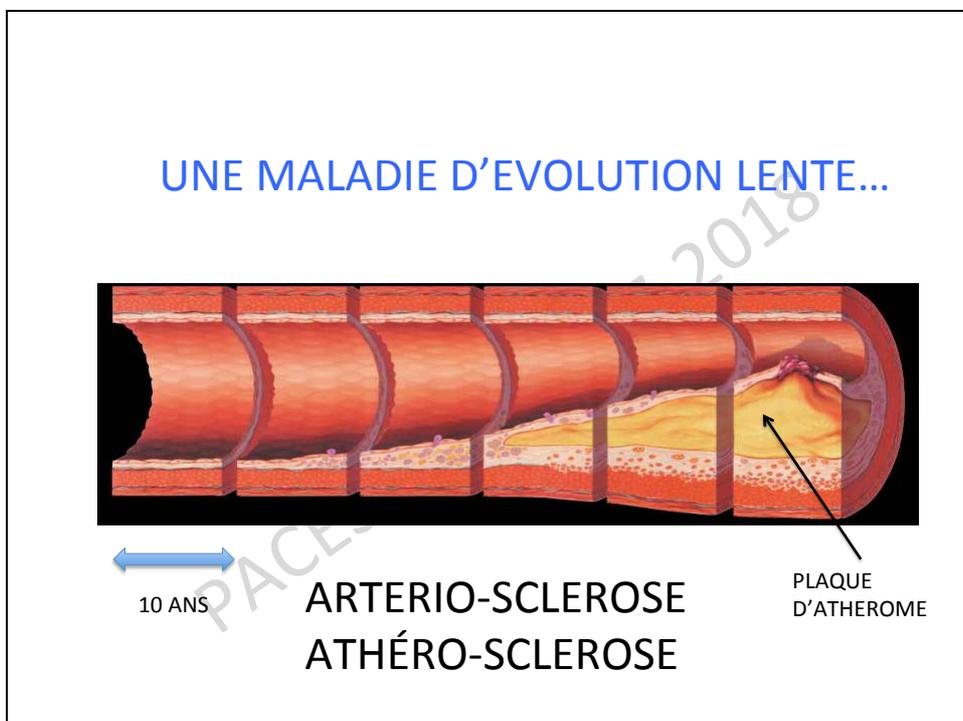
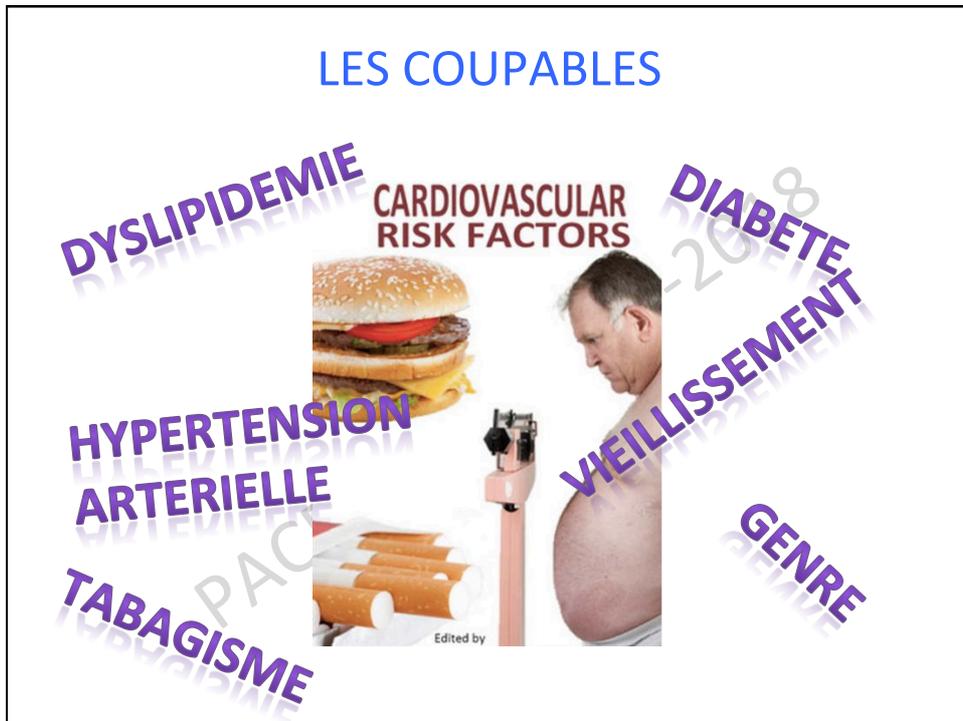
## INTRODUCTION

PACES NICE 2017-2018

3

## LE "FARDEAU" des MALADIES CV

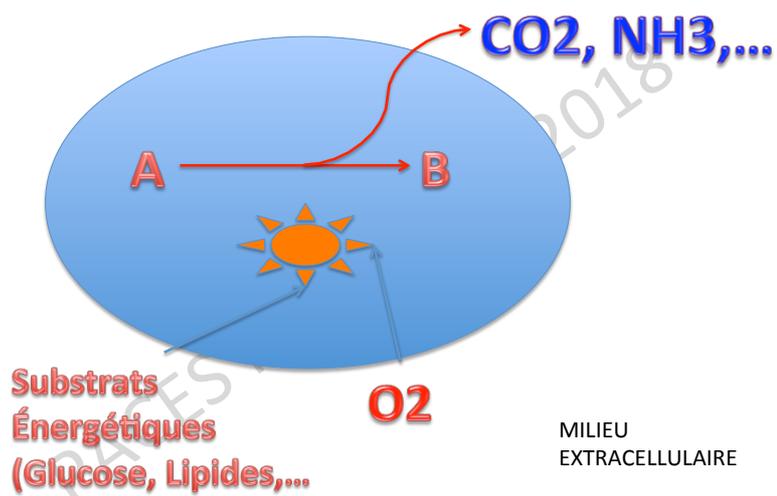


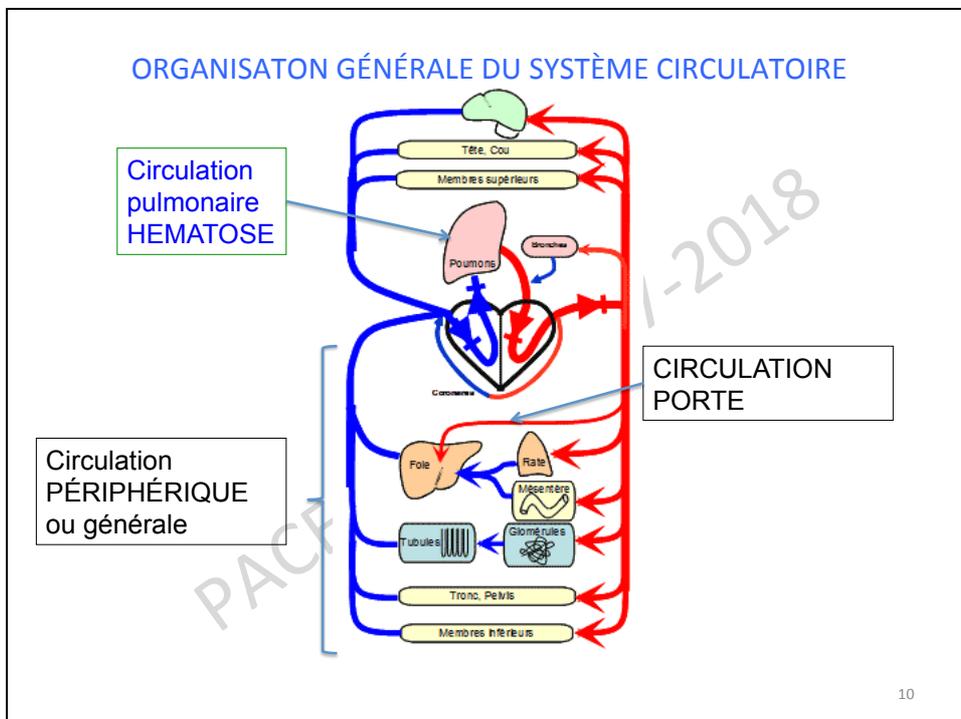
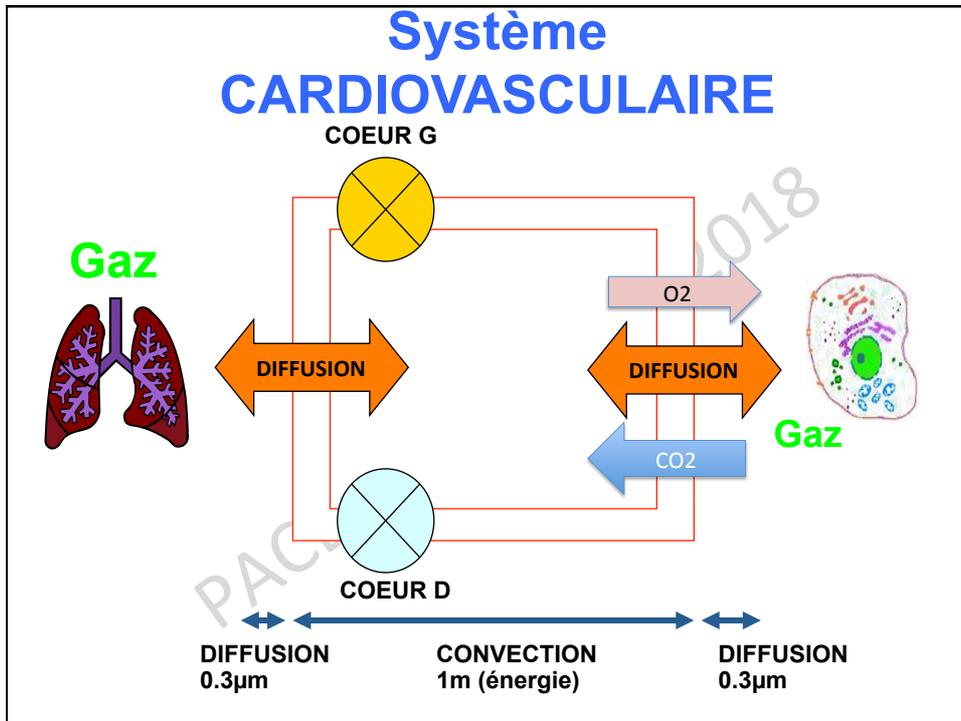


# LES BASES DE LA PHYSIOLOGIE CARDIO-VASCULAIRE

7

## METABOLISME CELLULAIRE





## Organisation anatomique du circuit vasculaire

### • Macrocirculation

#### – RÉSEAU DE DISTRIBUTION

##### • ARTERES:

- DISTRIBUTION DU SANG AUX ORGANES
- DIAMETRE > 200µm

##### • VEINES

- RETOUR DU SANG AU CŒUR DROIT
- SYSTÈME CAPACITIF (70% du volume circulant)

### • Microcirculation

#### – RESEAU D'ÉCHANGE et de RÉPARTITION

- artérioles (<200µm) + capillaires
  - = RÉSEAU RESISTIF +++
- veinules

11

## Un système en perpétuelle adaptation...

SE MOUVOIR



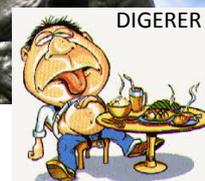
PENSER



GROSSESSE



ENVIRONNEMENTS EXTRÊMES



DIGERER

12

## Régulation du système cardio-vasculaire

13

### Répartition du débit sanguin (1)

- Système en **circuit fermé**
  - Le **volume** est **constant**
  - **Débit** assuré grâce au **gradient de pression** Artère->Veines
- **Adaptation à la demande et aux fonctions**
  - Les organes ont des activités métaboliques différentes à des moments différents
  - Il faut assurer en permanence un apport de nutriment et évacuer les « déchets métaboliques » en fonction des besoins

14

## Régulation cardio-vasculaire (2)

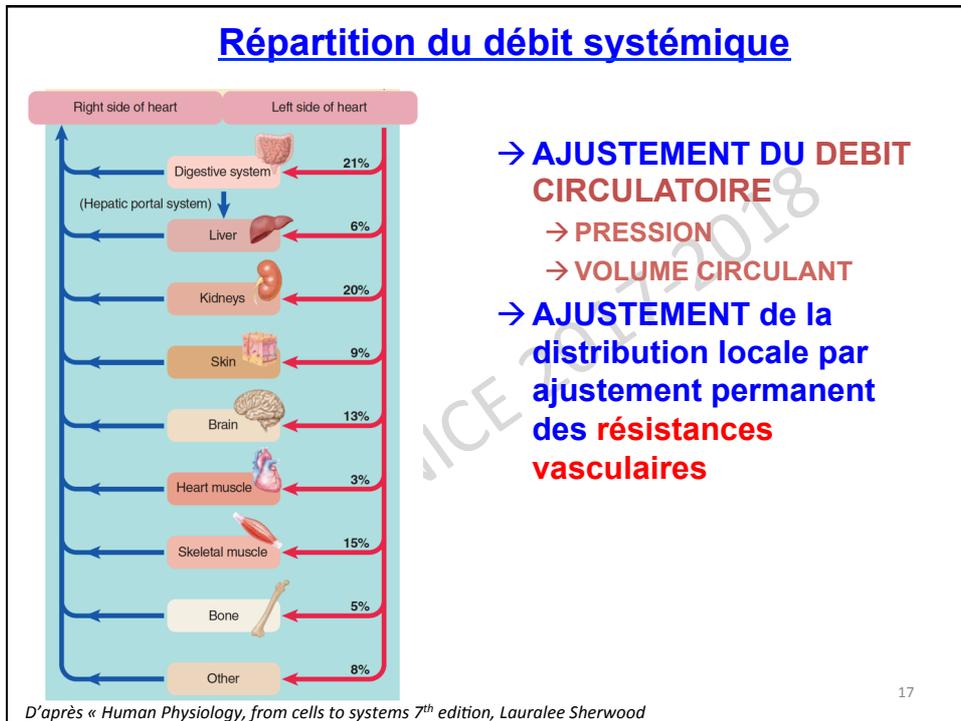
- Objectif: Adapter le débit sanguin aux besoins métaboliques
  - Modification de la répartition des débits sanguins en fonction des besoins
    - Apport en O<sub>2</sub> et nutriments
    - Physiologique: Ex: digestion et effort physique
    - Pathologique: Ex: hémorragie
  - Maintenir un gradient de pression Artères/Veines
    - Pression Artérielle Moyenne +++
  - Maintenir le volume circulant constant (homéostasie)
    - Régulation de la volémie: H<sub>2</sub>O et NaCl

15

## Régulation cardio-vasculaire (3)

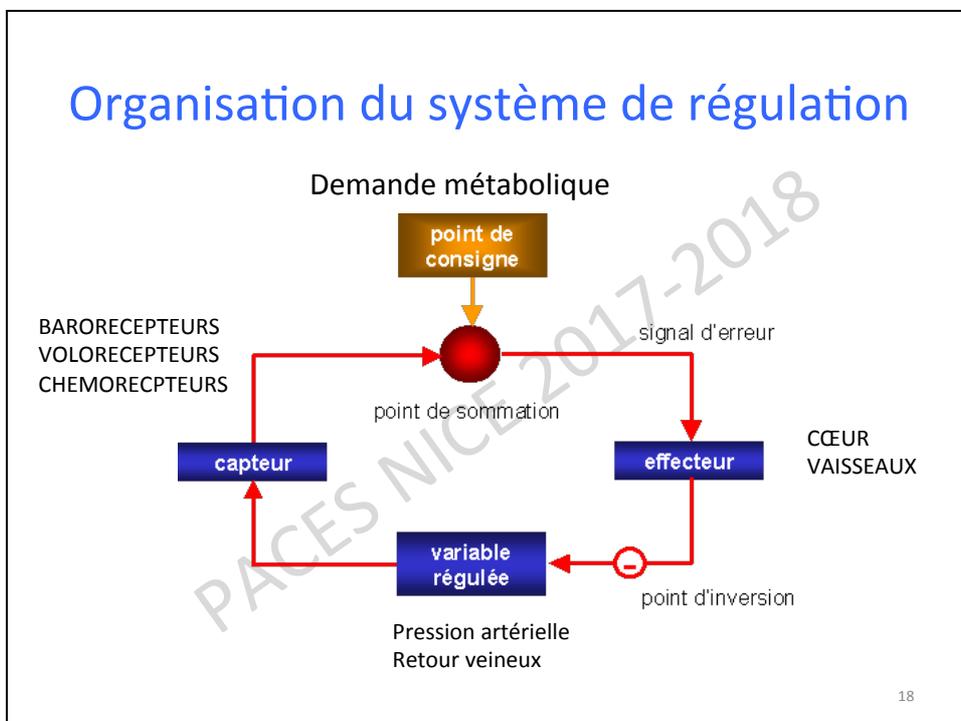
- Pression artérielle et débit
  - $PA(\text{moyenne}) = \text{DEBIT CARDIAQUE} \times \text{RESISTANCES}$ 
    - DEBIT CARDIAQUE DÉPENDS DE:
      - FREQUENCE CARDIAQUE
      - CONTRACTILITÉ CARDIAQUE
      - REMPLISSAGE DES CAVITÉS CARDIAQUES
    - RESISTANCES PÉRIPHÉRIQUES DÉPENDS DE:
      - DIAMÈTRE DES VAISSEAUX
  - Volume circulant (Volémie)
    - REIN
      - Régulation des entrées/pertes d'eau et de NaCl
    - SOIF

16



→ **AJUSTEMENT DU DEBIT CIRCULATOIRE**  
 → **PRESSION**  
 → **VOLUME CIRCULANT**

→ **AJUSTEMENT de la distribution locale par ajustement permanent des résistances vasculaires**



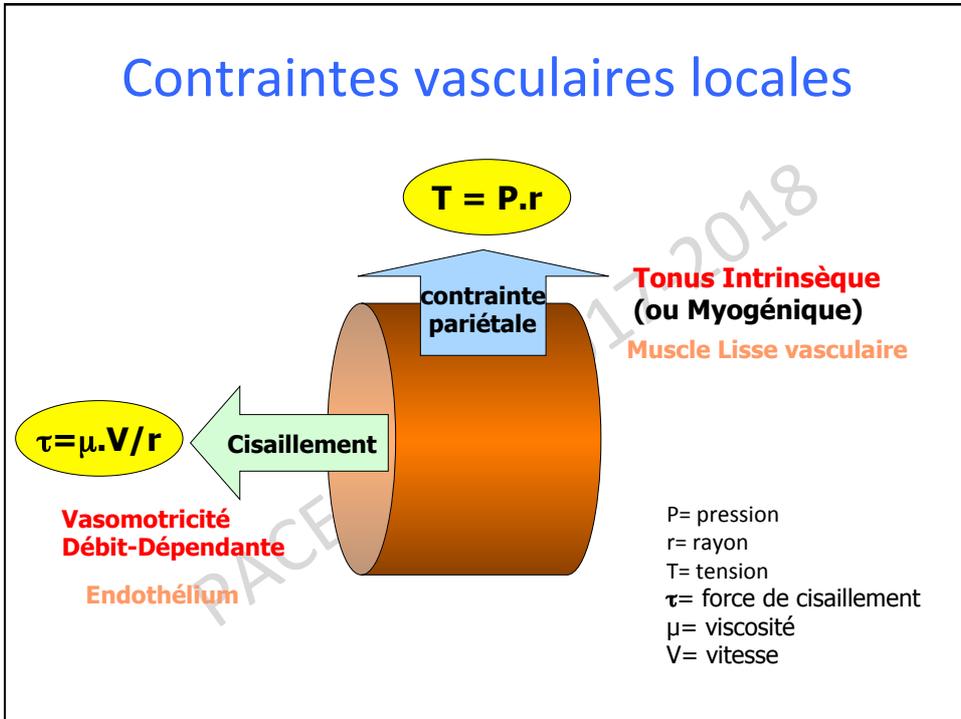
## Régulation cardio-vasculaire (4)

- **Organisation spatiale et temporelle**
  - **Spatiale**
    - **Locale**: régulation intrinsèque du vaisseau
    - **Régionale**: régulation au niveau d'un segment (membre,...)
    - **Centrale**: régulation au niveau de l'organisme entier (Pression artérielle)
  - **Temporelle**
    - **Court terme** (minutes): système **baroréflexe**
    - **Moyen terme** (heures/jours): **hormonal** (médullosurrénale et système rénine-angiotensine)
    - **Long terme** (jours/mois): **REIN**

19

**REGULATION LOCALE**  
**PROPRIETES INTRINSEQUE ET**  
**LOCALE DU VAISSEAU**

20

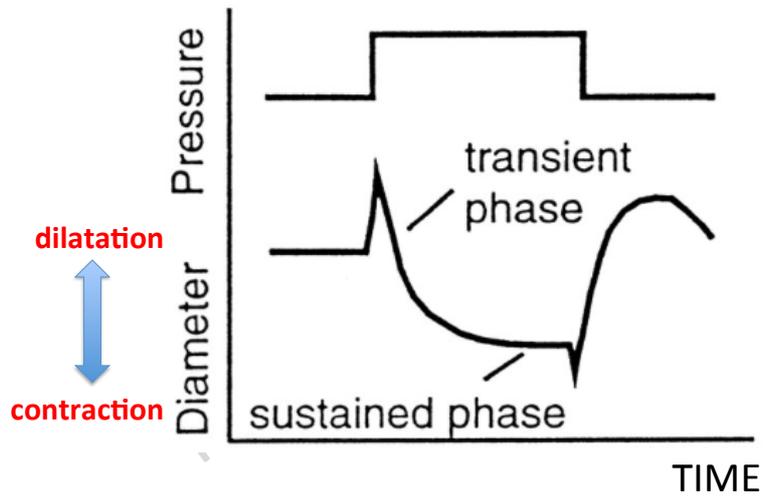


**REGULATION LOCALE**

**PRESSION**

22

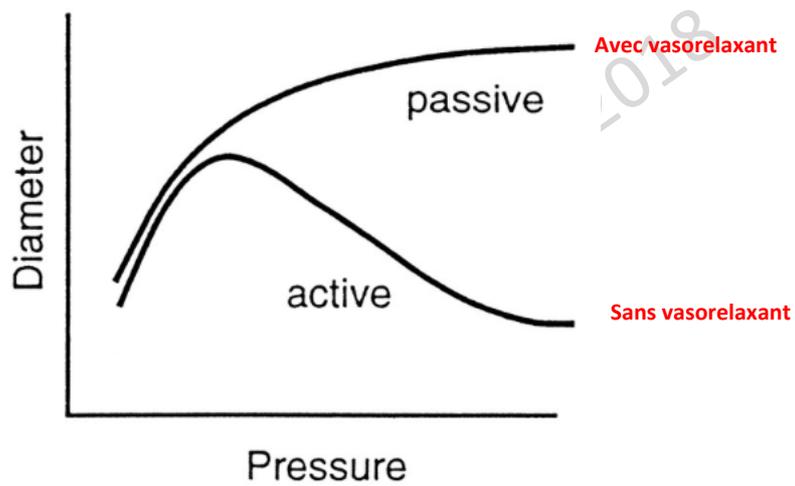
## Tonus intrinsèque (=myogénique) (1)



Physiological Reviews 1999 Vol. 79 no. 2, 387-423

23

## Tonus myogénique (2)



Physiological Reviews 1999 Vol. 79 no. 2, 387-423

24

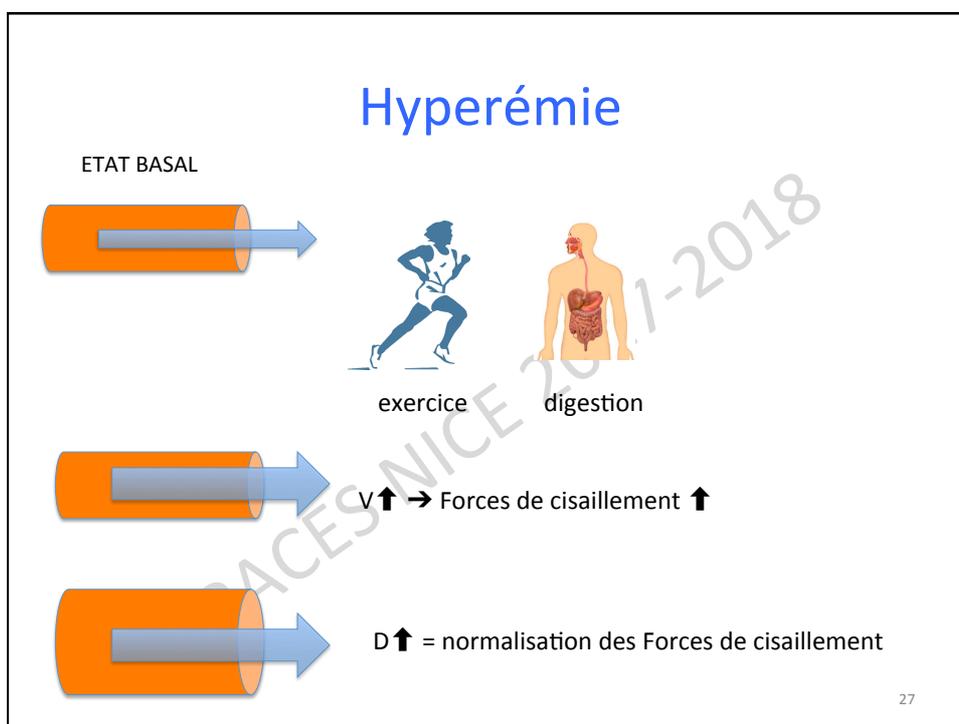
## Tonus intrinsèque/myogénique

- Capacité d'un vaisseau isolé à **se contracter** en réponse à une **augmentation locale de pression** (= effet Bayliss)
- Représente environ **40% du tonus** musculaire de base du vaisseau
- Prédomine dans les **artères de résistance**
- Phénomène dynamique = **délai d'activation**

25

## FORCES DE CISAILLEMENT

26

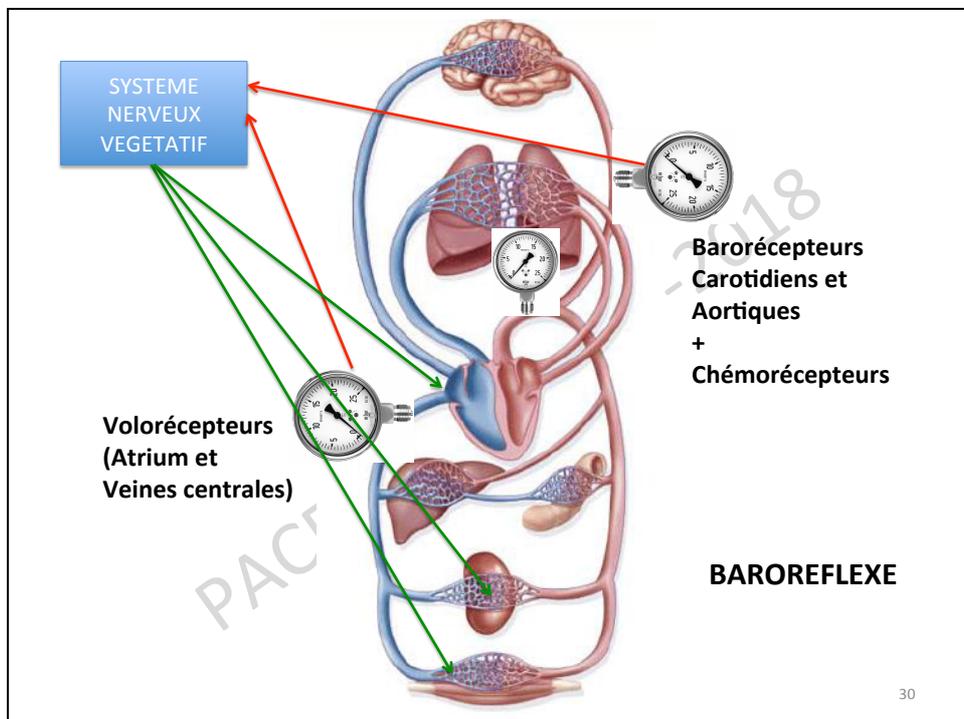


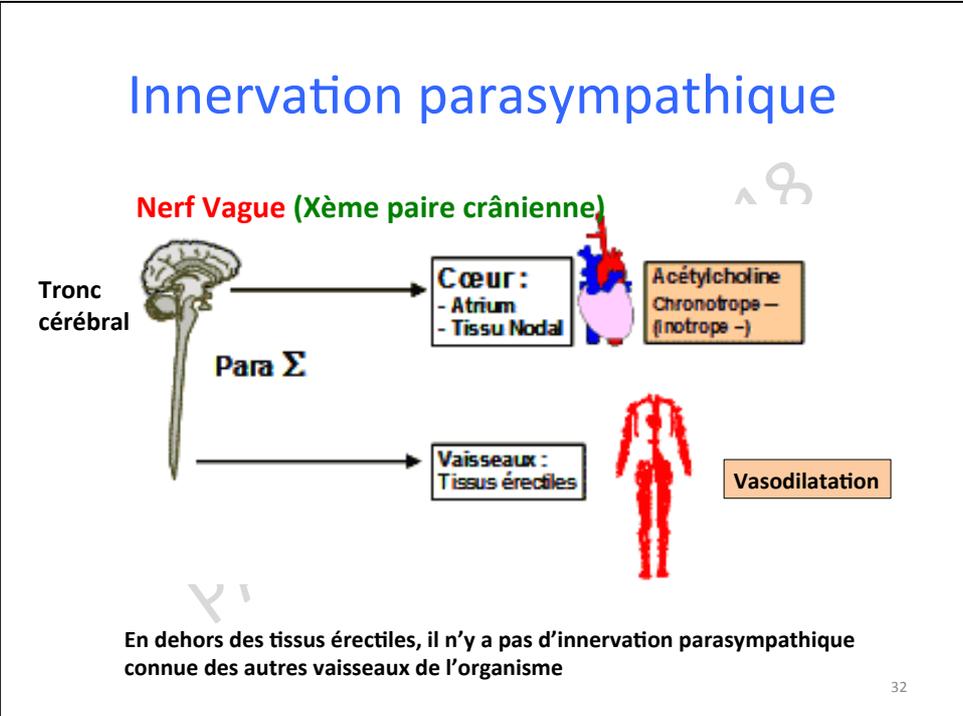
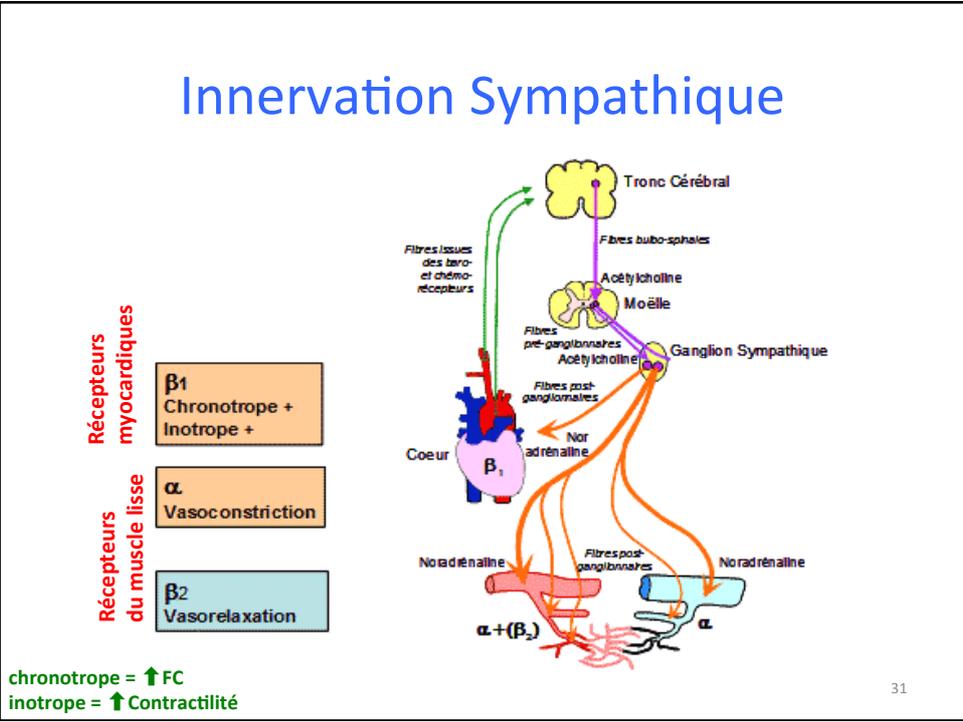
## Régulation cardio-vasculaire (4)

- **Organisation spatiale et temporelle**
  - **Spatiale**
    - **Locale**: régulation intrinsèque du vaisseau
    - **Régionale**: régulation au niveau d'un segment (membre,...)
    - **Centrale**: régulation au niveau de l'organisme entier (Pression artérielle)
  - **Temporelle**
    - **Court terme** (secondes/minutes): système **baroréflexe**
    - **Moyen terme** (heures/jours): **hormonal** (médullosurrénale et système rénine-angiotensine)
    - **Long terme** (jours/mois): **REIN**

# REGULATION REGIONALE ET CENTRALE

29



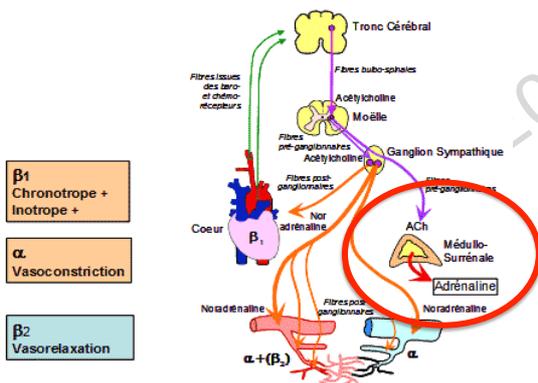


## Régulation cardiovasculaire à moyen terme

- Système de **régulation neurohumoral**

- Capteur: Baroréflexe
- Effecteur: **MEDULLO-SURRENALE**

- Adrenaline +++
- Relaxant des vaisseaux musculaires



33

## Régulation cardiovasculaire à long terme

- **Système Rénine-Angiotensine (+Aldostérone)**

- Régulation de la volémie (et de la pression)

- **Rein :**

- **Appareil juxta-glomérulaire**

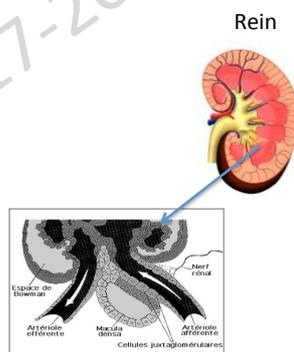
- **Hormones:**

- **Rénine** (App Juxta-glomérulaire)

- **Angiotensine**

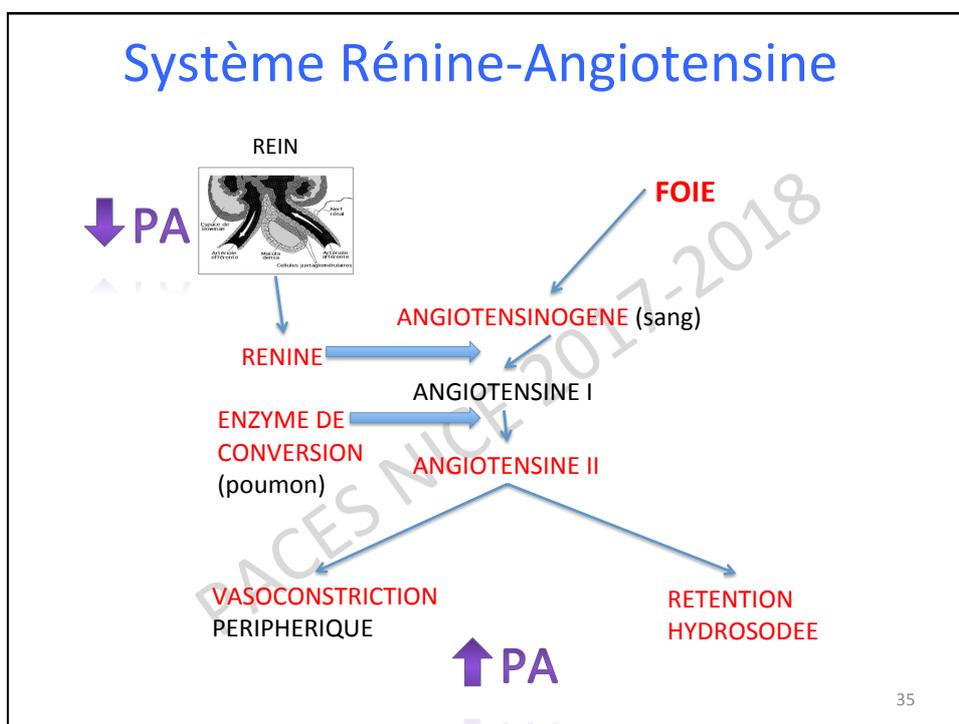
- Vasoconstriction +++

- Rétention du NaCl via **ALDOSTERONE**



Appareil juxta-glomérulaire

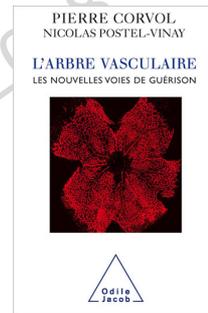
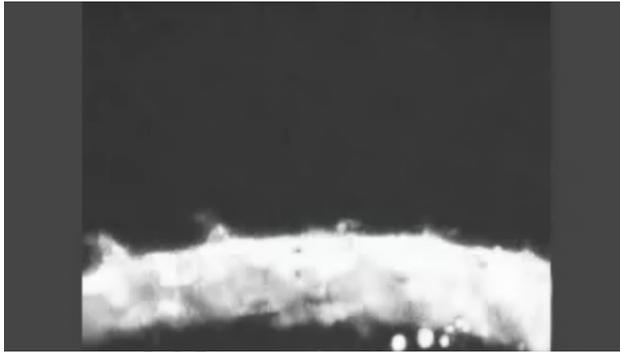
34



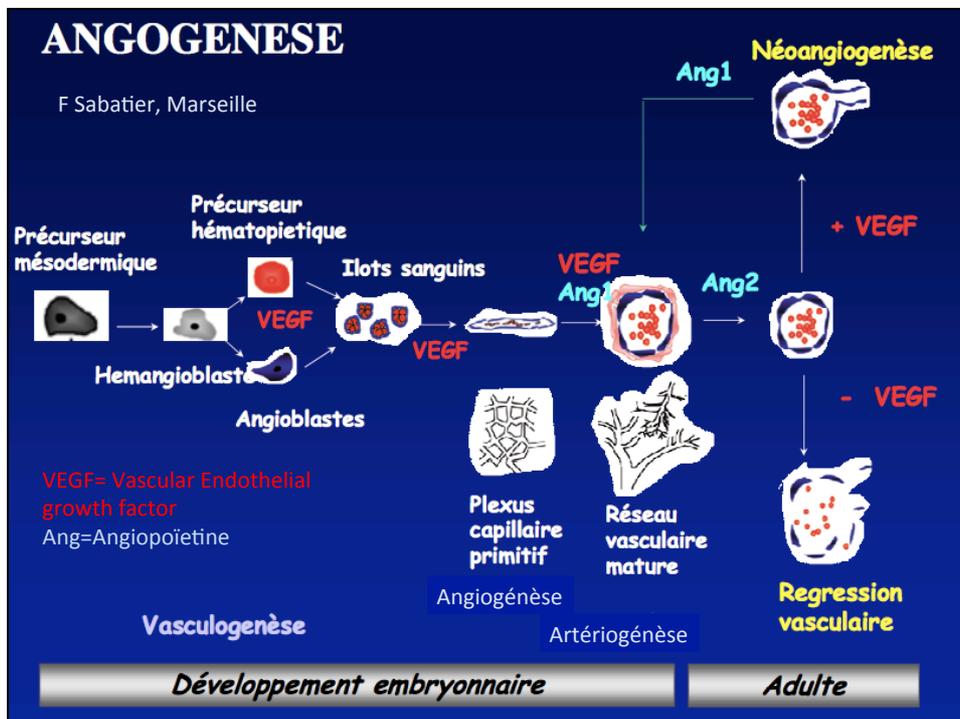
- ## Régulation cardiovasculaire à long terme
- Régulation du **volume circulant**
  - Rein +++: élimination (**diurèse**) ou **rétenion de H<sub>2</sub>O et/ou NaCl**
  - Régulation hormonale +++
    - **Hormone Anti-diurétique**
      - = ADH (antidiuretic hormon) ou vasopressine
      - **Osmorécepteurs hypothalamiques**
      - **Régulation de la diurèse +++** par réabsorption de l'eau au niveau du rein
      - Actions sur les vaisseaux
    - **Peptide Atrial Natriurétique (PAN)**
      - Produit par les **myocytes atriaux** en réponse à la pression veineuse (forces de **distension**)
      - Régulation de la réabsorption du **NaCl au niveau rénal** et donc de la diurèse
- 36



# « L'arbre » vasculaire



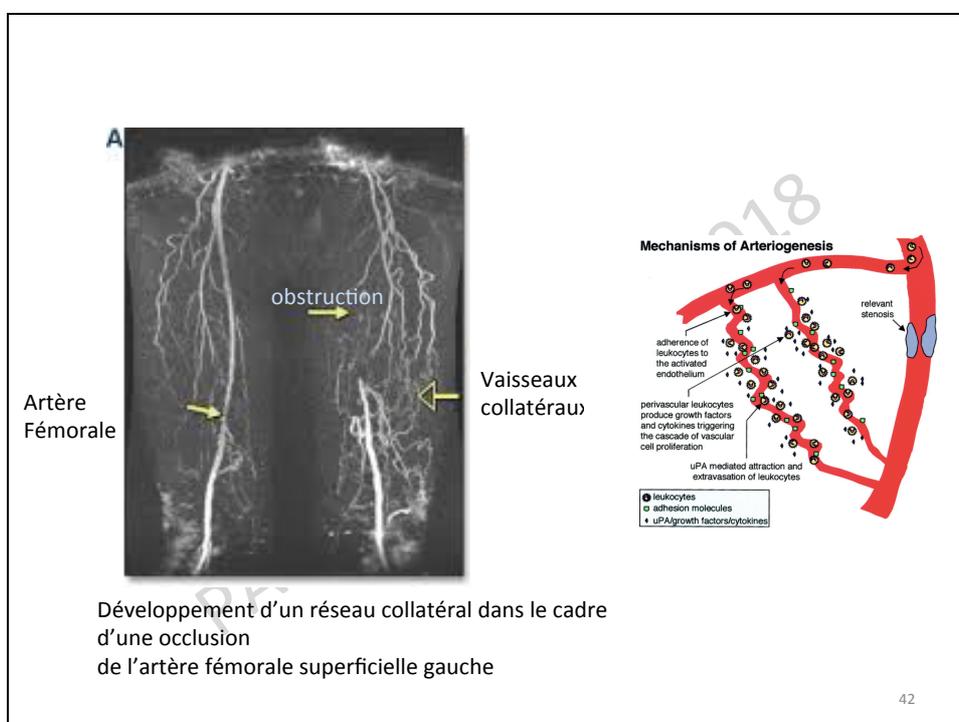
39



## Collatéralisation

- Correspond à un **remodelage artériel**
- Modification de la **structure** du vaisseau
  - **Diamètre** du vaisseau et **épaisseur** de la paroi artérielle
  - En **réponse à un stimulus** (ex: augmentation du débit sanguin, hypoxie)

41

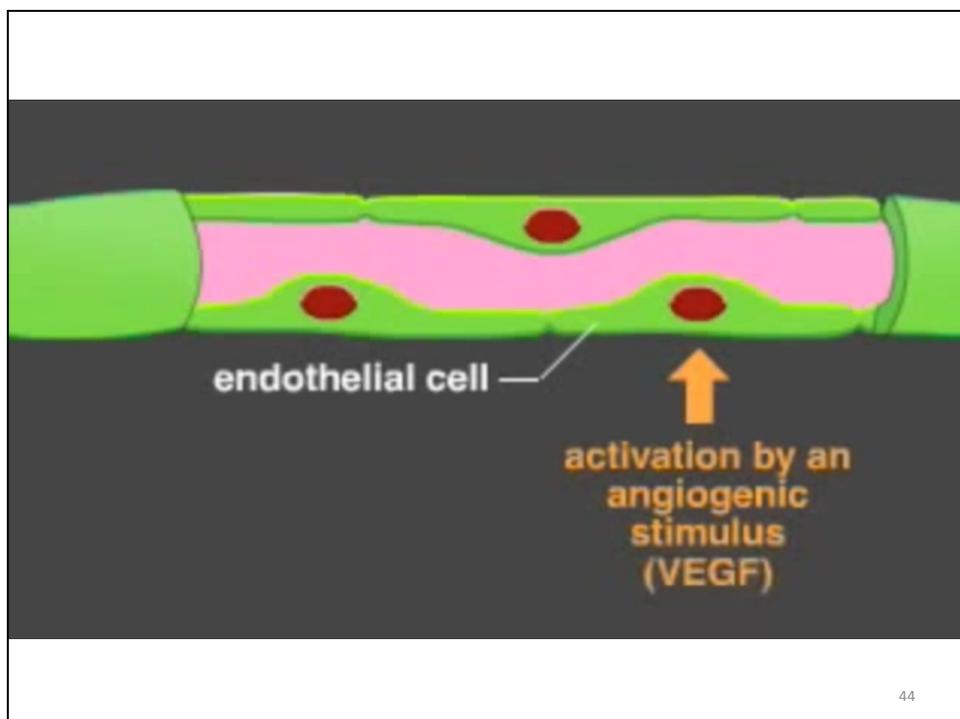


42

## Facteurs de l'angiogénicité

- **HYPOXIE** +++
- **HIF-1=Hypoxia-induced Factor**
  - Hétérodimère **sensible à l'oxygène**
  - **facteur de transcription** cellulaire des gènes
    - NO synthase
    - **VEGF** (vascular endothelial growth factor) et VEGFR
    - **Angiopoïétine**
  - **Non fonctionnel** en condition d'oxygénation normale (via le protéasome)
  - **inductible** en condition d'hypoxie/anoxie

43



44

## Angiogénèse physiologique

**grossesse**



**Cycle menstruel**



**Développement embryonnaire**



**cicatrisation**



<http://aloe-vera.sanditrad.com>

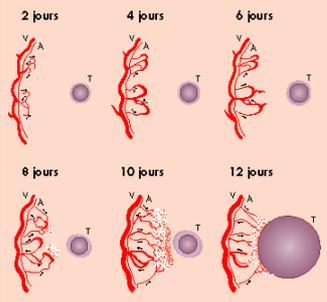
**Activité physique**



45

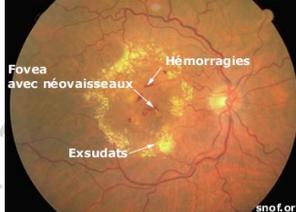
## (Néo-)Angiogénèse pathologique

**DMLA, diabète,...**



**Développement Tumoral**

**ANTI-ANGIOGENIQUES +++**



46

## Notion de remodelage vasculaire

- Processus **adaptatif morphologique** et/ou **fonctionnel** d'un vaisseau en fonction des **contraintes**
  - **Physiologique** ou **pathologique**
    - Exercice physique, Hypertension artérielle
  - Remodelage de la structure: **épaisseur et rayon**
    - Equation de Lamé (cf Laplace) :  $T = P \cdot r / h$  (h=épaisseur)
- Résulte d'**interactions dynamiques** entre
  - **facteurs de croissance** produits localement,
  - substances vasoactives
  - stimuli hémodynamiques (**flux et pression**)

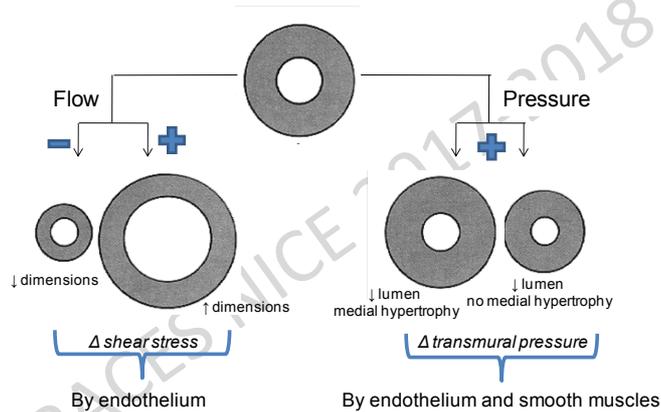
47

## Notion de remodelage vasculaire

- Fonction de la **durée** de la contrainte
  - **Court terme** (heures):
    - adaptation fonctionnelle : **tonus intrinsèque** (myogénique)
    - souvent **réversibles**: exercice physique
  - **Long terme** (jours/ans):
    - Adaptation structurale: **hypertrophie de la média**
    - +/- **irréversibles**: ex hypertension artérielle
- Dépend du **type** de vaisseau
  - Artères de conduction  $\neq$  artères de résistance
- Principaux facteurs:
  - Age
  - **Hypertension artérielle** (21%)

48

## Facteurs du remodelage vasculaire



-> Normalisation des contraintes de la paroi artérielle

49

## Ce qu'il faut retenir...

- Le système cardiovasculaire est un système **transversal** de **communication** et de **transport**
- Système **régulé** s'adaptant à l'**activité métabolique**
- Régulation locale = **endothélium/muscle lisse**
- Régulation centrale = **Baroréflexe/SRA/Rein**
- **Angiogénèse/vasculogénèse/remodelage vasculaire**
- La pathologie vasculaire est la **principale pathologie des pays développés**

**Prenez soin de vos artères !**

50

## Lectures conseillées

- Site de l'université de Montpellier  
<https://pathologie-cardiovasculaire.edu.umontpellier.fr/ue-cardio-vasculaire-dfgsm2-montpellier-nimes/physiologie-cardio-vasculaire/>
- Bibliographie
  - Basic and Therapeutic Aspects of Angiogenesis, Cell Volume 146, Issue 6, 16 September 2011, Pages 873–887
  - master-pathologie-humaine.org/IMG/pdf/cours\_M1\_angiogenese\_Fev\_2012.pdf

51

**FIN DU COURS**

52