

CONCEPTION D'INSTRUMENTS DE TAILLE DE LA VIGNE: APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE



Dr Yves Roquelaure

 CHU Angers

« Pluridisciplinarité en Santé et Sécurité du Travail. Lorient 12-13 juin 2003 »

INTRODUCTION

- **Demande industrielle**

- DEVILLE SA : « filiale » du groupe suédois Bahco (ex Sandvik)
- Leader mondial des sécateurs pour professionnels
- Compétences ergonomiques utiles à la conception de sécateurs

- **Origine de la demande**

- 1. **Viticulture** : secteur très touché par les TMS
- 2. **Politique de conception d'outils ergonomiques** (label ERGO[®])

- **Programme ergonomique**

- 1. Prévenir les TMS par la conception des outils de taille
- 2. Choix d'un développement en interne des outils

PROGRAMME DE CONCEPTION D'OUTILS « ERGO[®] »

- **Origine suédoise**
 - Ergonomi Design Gruppen (O. Bobjer)
 - Groupe Sandvik (C. Jansson)
- **Intégration de l'ergonomie dès le début** du projet de conception
- **Série de 11 étapes de conception**
- **Processus itératif**
 - boucles de « conception - validation - re-conception »
 - produit final

PROGRAMME « ERGO »

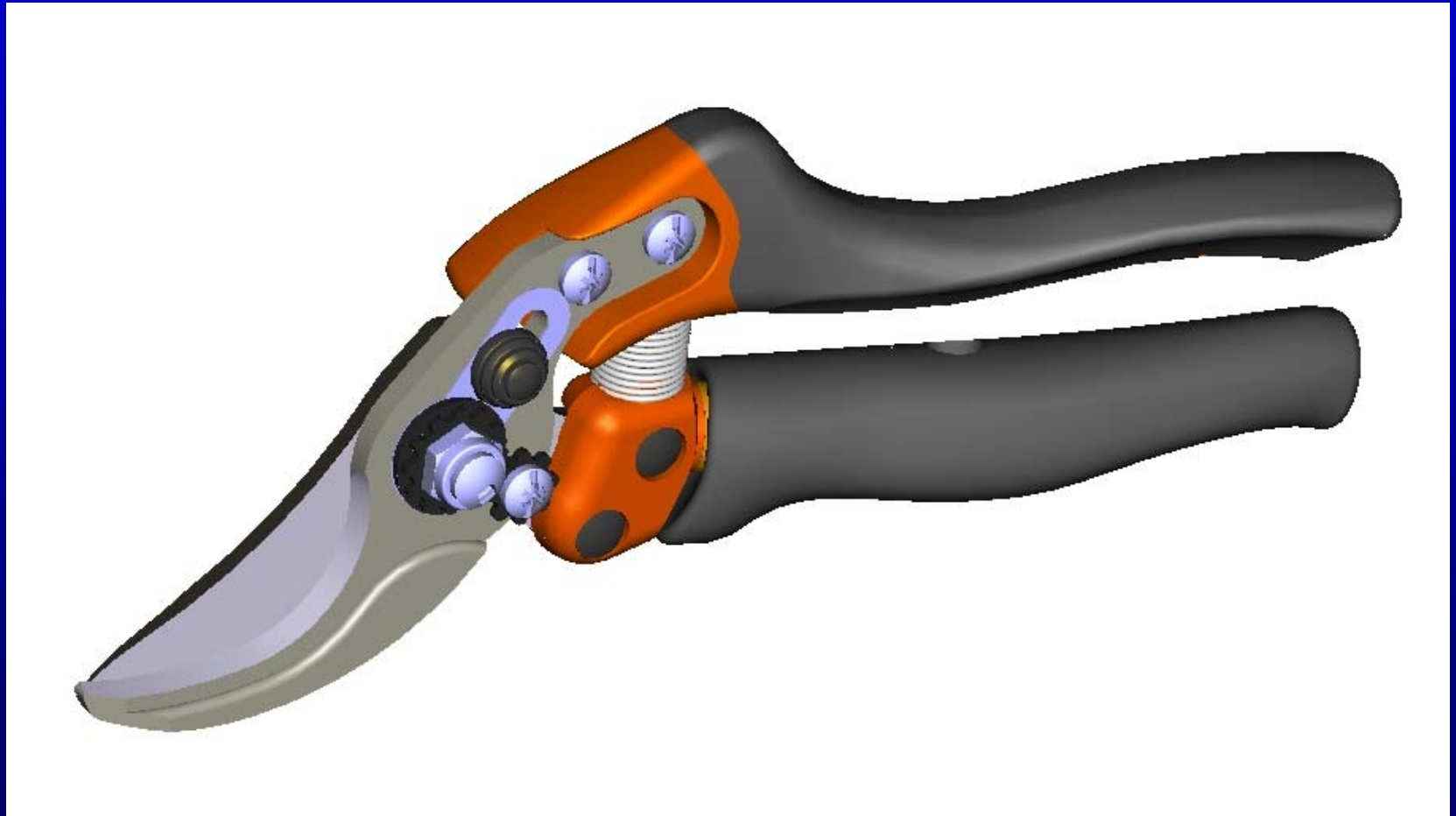
(Bobjer et Jansson, 1995)

- Etape 1. Spécifications préliminaires des outils**
- Etape 2. Analyse du marché**
- Etape 3. Contexte scientifique**
- Etape 4. Fabrication de prototypes**
- Etape 5. Tests utilisateurs n° 1**
- Etape 6. Evaluation et modifications des prototypes**
- Etape 7. Tests utilisateurs n°2**
- Etape 8. Recommandations conceptuelles finales**
- Etape 9. Spécifications du produit final**
- Etape 10. Tests utilisateurs 3. Préparation au lancement**
- Etape 11. Suivi statistique**

PROGRAMME DE CONCEPTION DE SECATEURS « ERGO[®] »

- **Respect du programme ERGO[®] en 11 points**
- **Adaptation à l'approche francophone de l'ergonomie**
- **Articulation de la démarche de conception autour de la démarche d'analyse du travail du viticulteur**
- **Techniques biomécaniques**
- **Réflexion méthodologique: thèse d'ergonomie (A. Laville)**

SECATEUR ERGONOMIQUE



CHOIX D'UNE APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE

- **Prise en compte des propositions fondamentales de l'ergonomie**
 - variabilité des contextes et des individus
 - prise en considération des compétences des opérateurs
- **Complémentarité des approches** ergonomique / biomécanique / épidémiologique / psychologique / anthropologique
- **Rôle pivot de l'analyse de l'activité** pour articuler les points de vue sur la situation de travail

METHODOLOGIE GENERALE

- **Programme de R & D multidisciplinaire**
 - inscrit dans la durée (5 ans)
 - articulé avec un programme de recherche ergonomique
 - finalité industrielle : conception de produits
- **Travail collectif**
 - avec les ingénieurs de DEVILLE SA
 - avec des étudiants (ENSAM, UTC)
 - avec des chercheurs
 - INRS (M Aptel, L Claudon)
 - UTC (PH Dejean)
 - UCL (J Malchaire)
 - UQUAM (N Vezina)

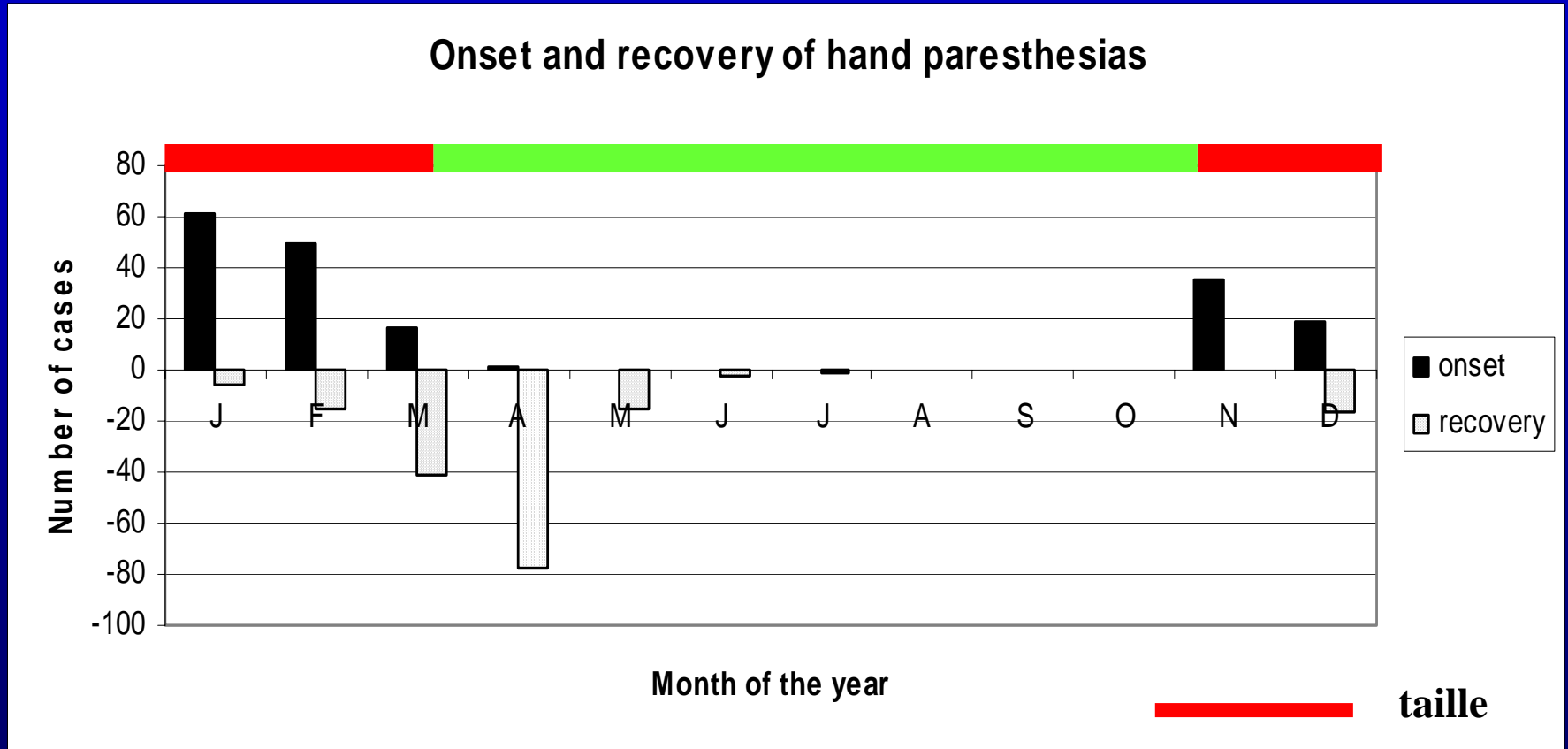
APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE

- **Ingénierie de conception / design industriel**
- **Clinique médicale** (TMS, SCC,...)
- **Epidémiologie**
 - analyse des données existantes (groupe de travail MSA)
 - étude épidémiologique chez les vignerons champenois (MSA)
- **Ergonomie**
 - analyse de l'activité dans plusieurs vignobles français
 - analyse de la tâche dans la plupart des vignobles mondiaux
- **Biomécanique**
 - en laboratoire
 - en situation réelle de travail

EPIDEMIOLOGIE DES TMS DANS LA VITICULTURE

1. Première cause de maladie professionnelle (85 %)
2. Incidence annuelle élevée : 4/1000 travailleurs (1998)
3. Lien entre TMS et conditions de travail
 - prédominance des TMS du poignet du côté dominant
 - apparition des paresthésies pendant la taille de la vigne
 - relation « dose - effet » entre paresthésies et durée de la taille
 - **risque diminuée de moitié par le sécateur électrique**

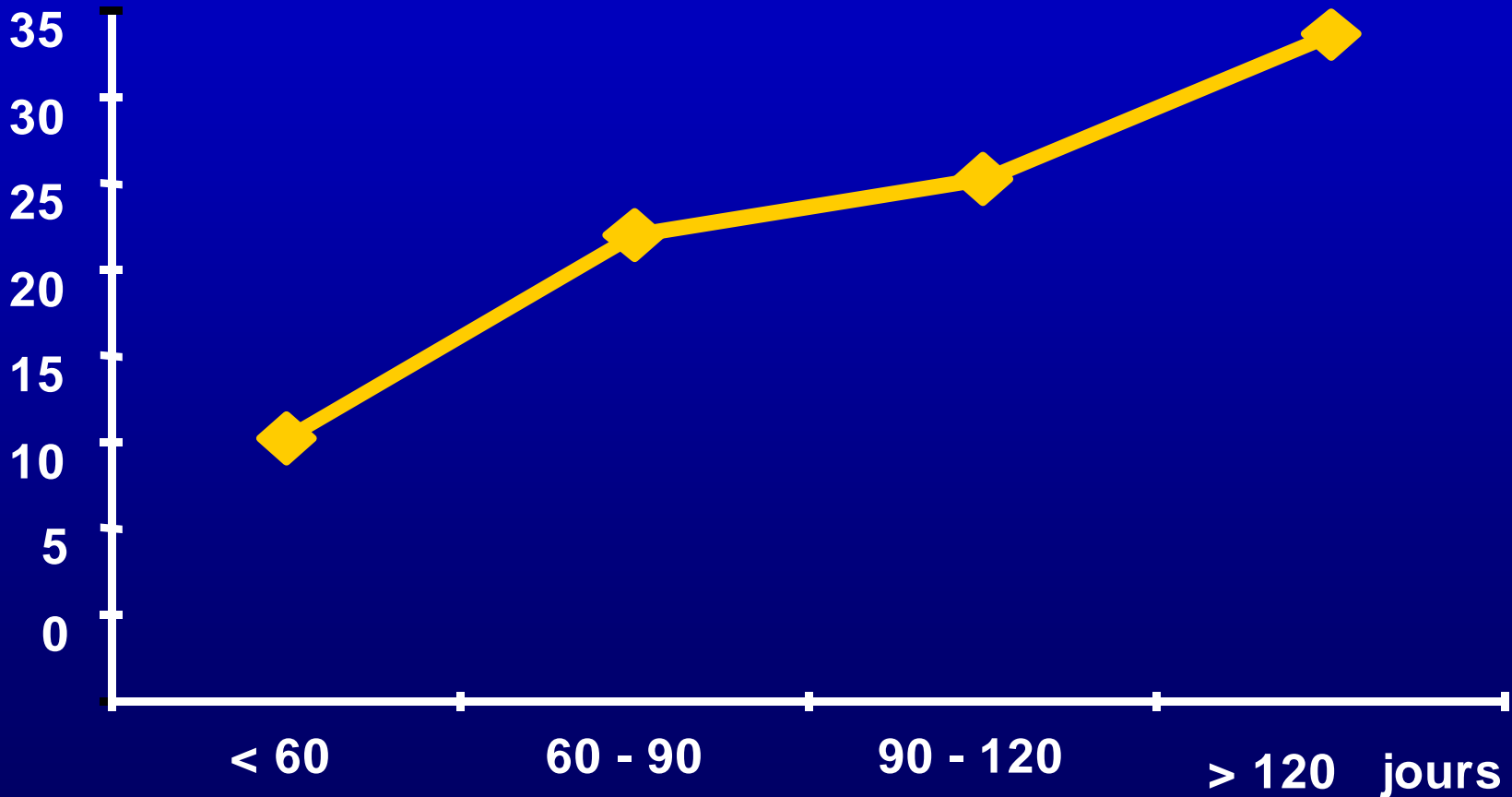
CHRONOLOGIE DES PARESTHESIES DE LA MAIN DOMINANTE



537 ouvriers vignerons de Champagne (1996)

Relation dose - effet : prévalence des TMS du poignet en fonction de la durée de la tâche

Prévalence (%)



APPORTS DE L'APPROCHE EPIDEMIOLOGIQUE POUR LA CONCEPTION

- 1. Responsabilité de la taille de la vigne dans l'apparition des TMS des viticulteurs**
- 2. Justification du programme de conception de sécateurs « ergonomiques »**
- 3. Possibilité d'action sur la santé grâce aux caractéristiques des outils**
- 4. Diversité des populations utilisatrices**

APPROCHE ERGONOMIQUE DE LA TAILLE DE LA VIGNE

PRINCIPAUX OBJECTIFS

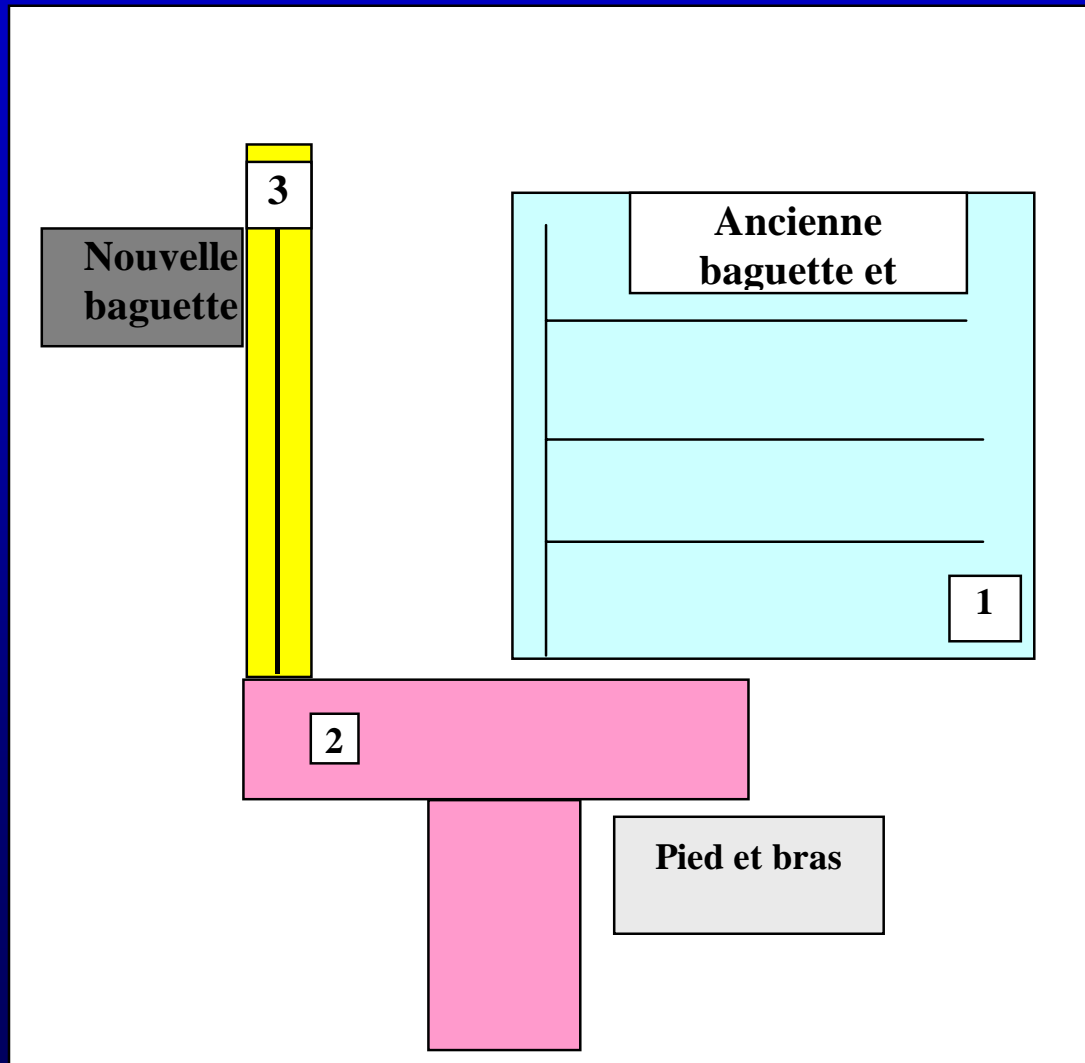
- 1. Modélisation de la tâche de taille**
 - dans différents vignobles
 - avec types de sécateurs
- 2. Modélisation de l'activité avec un sécateur manuel**
- 3. Evaluation des contraintes biomécaniques**
- 4. Recommandations pour les designers**



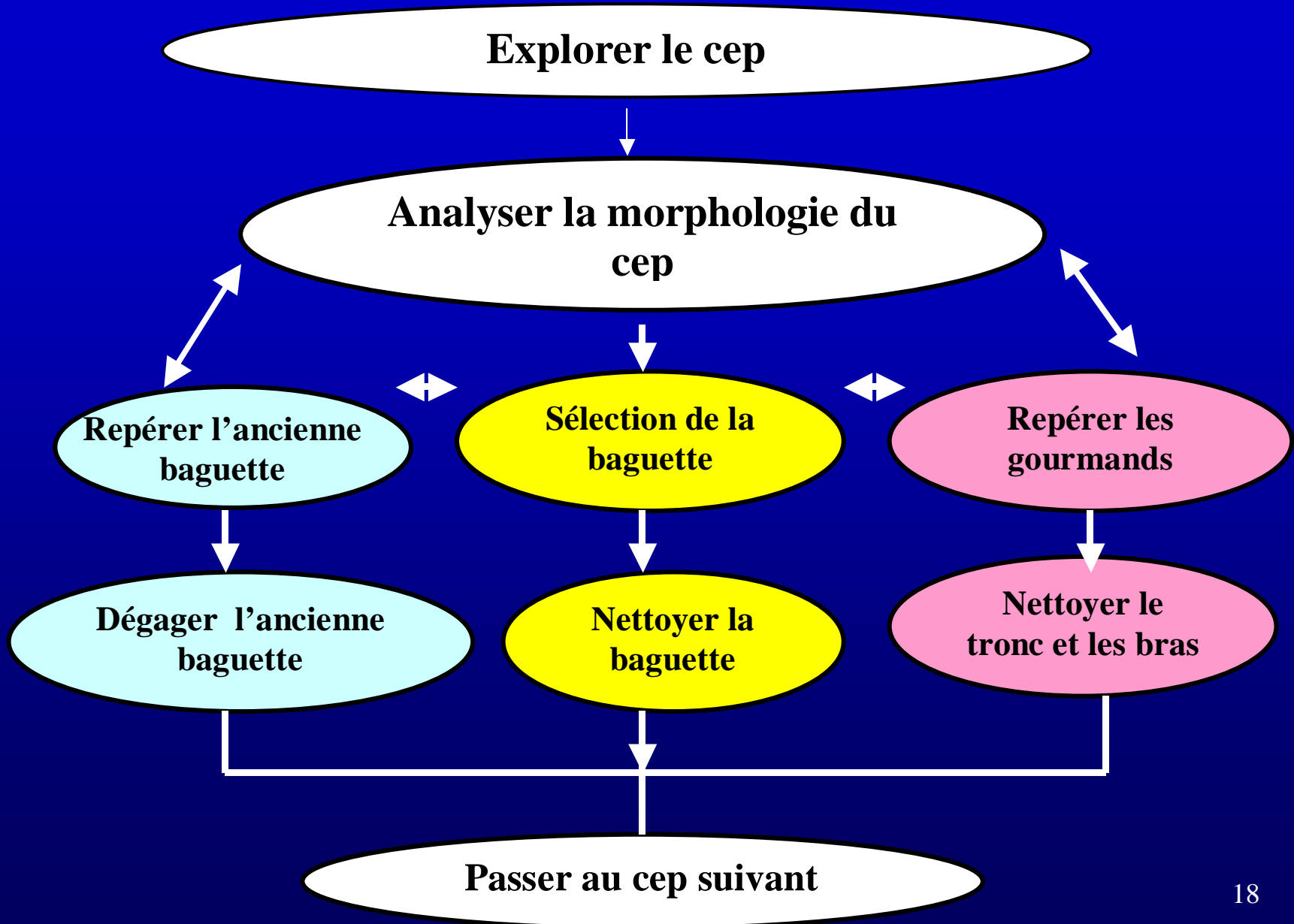
MODELISATION DES CEPS EN 3 ZONES FONCTIONNELLES



MODELISATION DU CEP BASEE SUR LA FONCTIONNALITE DES BRANCHES

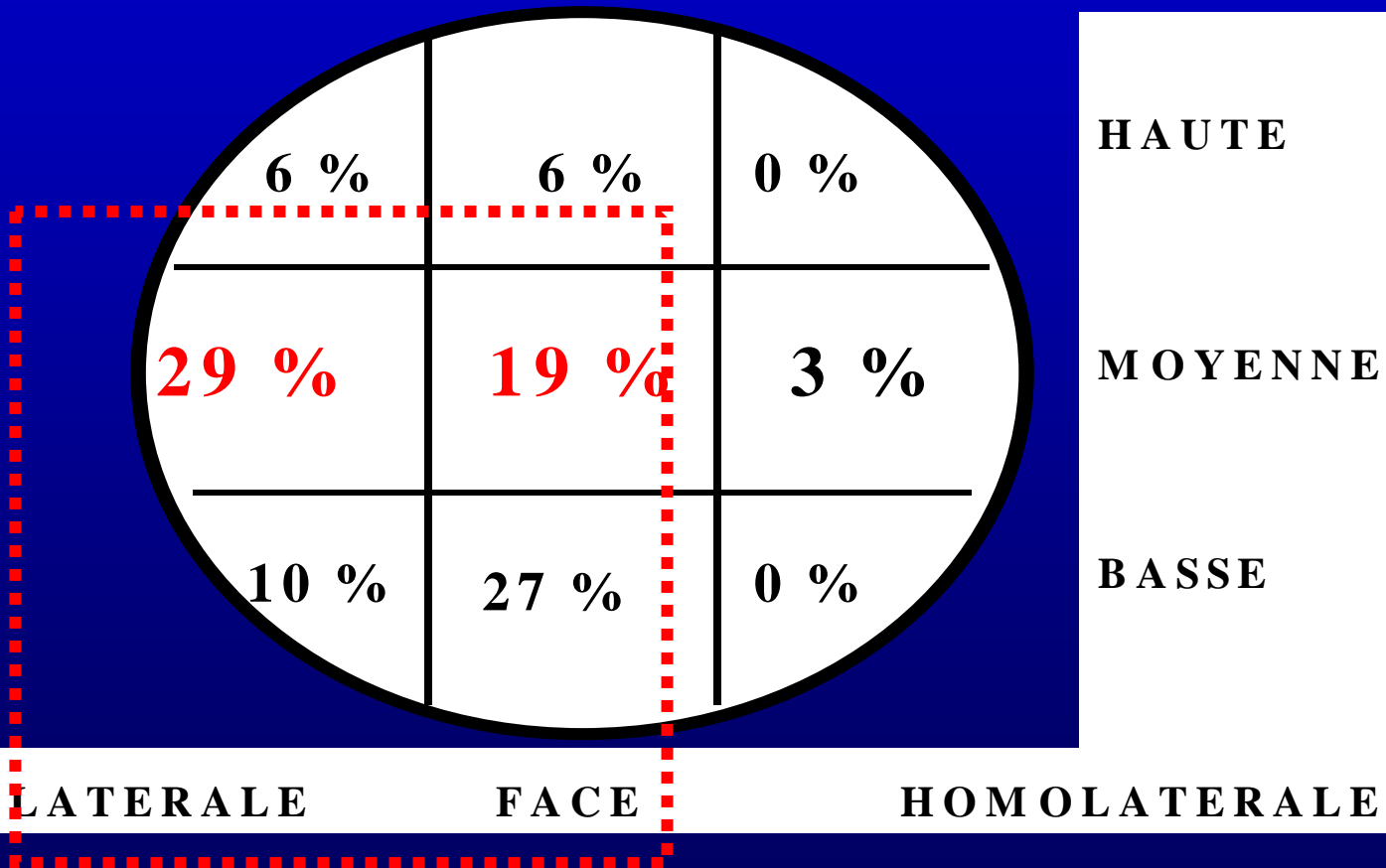


MODELISATION DE L'ACTIVITE DE TAILLE



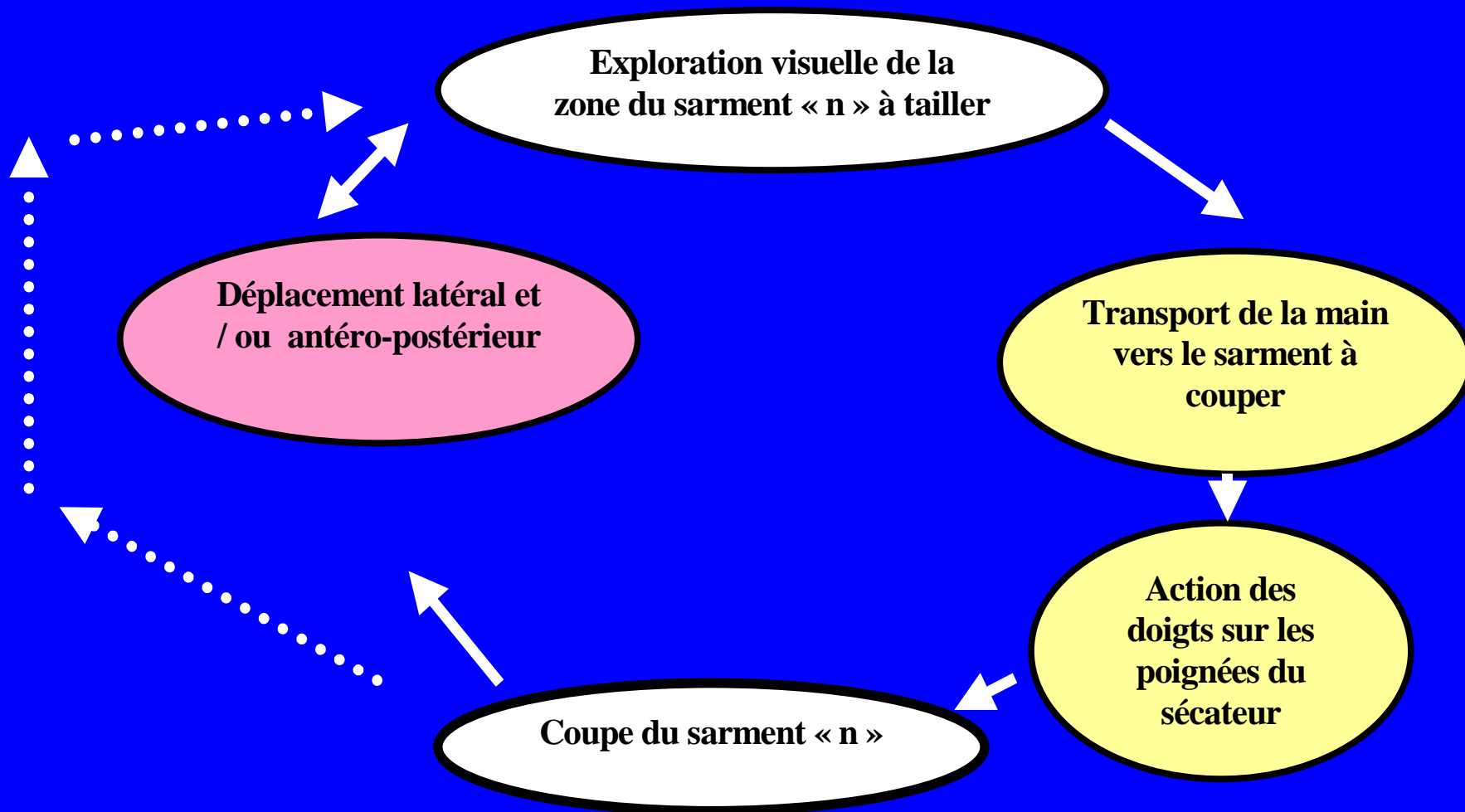
ASYMETRIE DES ZONES DE COUPE DANS LE CEP

ZONES DE COUPE DES SARMENTS (PLAN FRONTAL)





MODELISATION DE LA COUPE D'UN SARMENT DE VIGNE



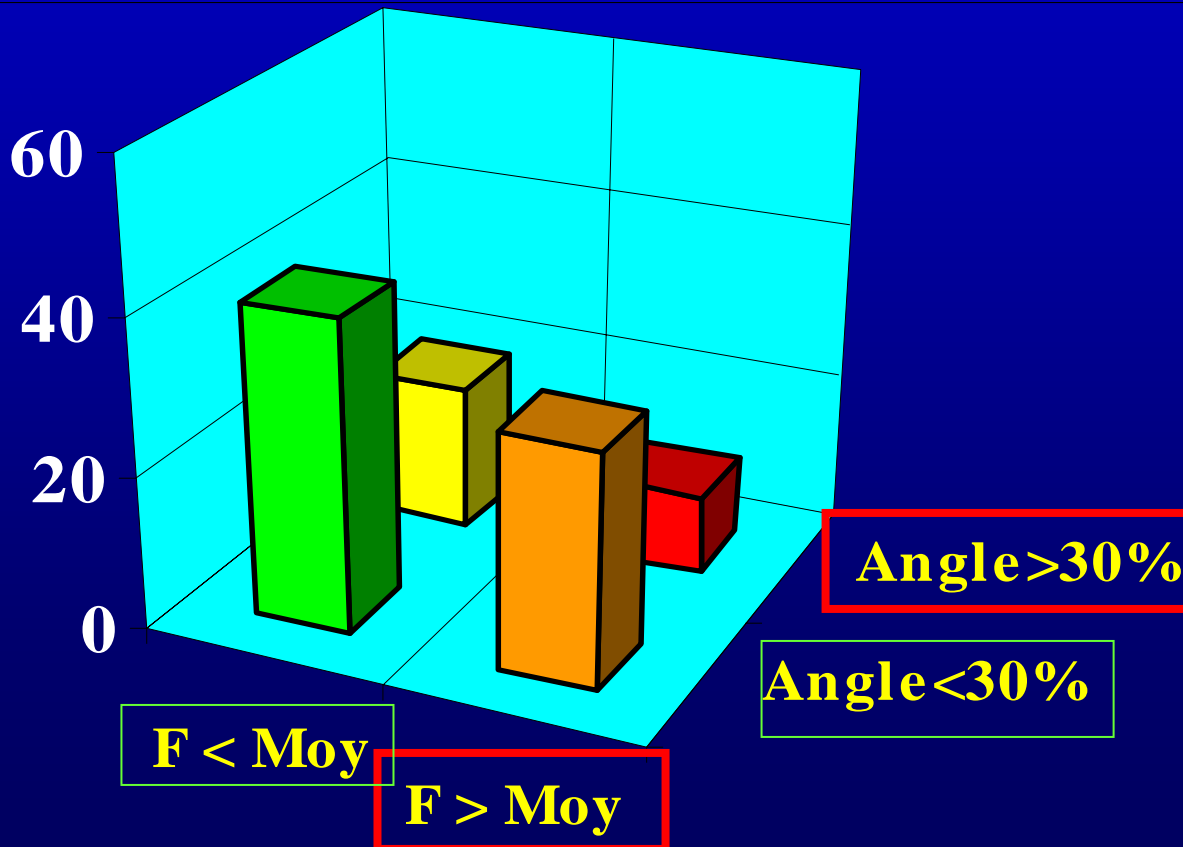
UTILISATION DE TECHNIQUES BIOMECHANIQUES EN SITUATION REELLE DE TRAVAIL



- Électromyographie : activation des fléchisseurs des doigts
- Goniomètres électroniques : position du poignet

STRATEGIE D'ALLEGEMENT DES CONTRAINTES DU POIGNET

Coupe (%)



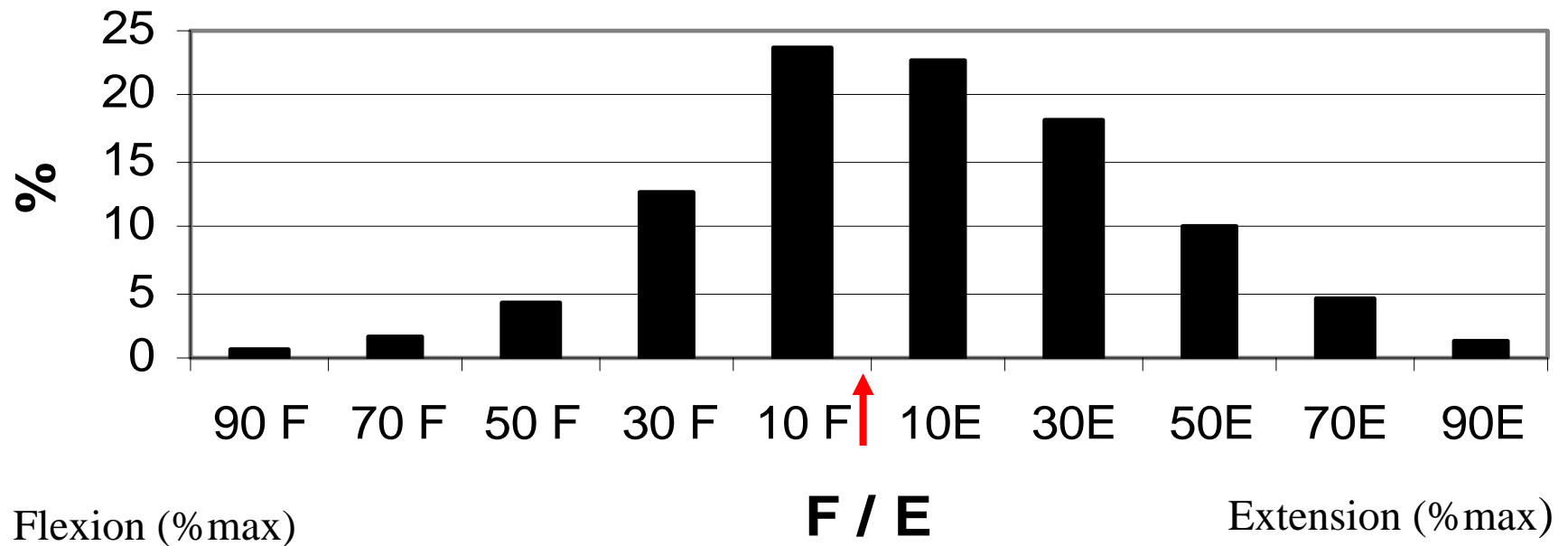
FORCE DE PREHENSION

- Activité EMG des fléchisseurs des doigts

| <i>Vignoble</i> | <i>Force</i> (%) | <i>Force</i> (daN) | <i>Temps de</i> <i>coupe</i> (%) | <i>Cadence</i> (coupe/sec) |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <i>saumur</i> | 27 | 16 | 22 | 0.6 |
| <i>saumur</i> | 23 | 14 | 32 | 0.8 |
| <i>saumur</i> | 20 | 11 | 28 | 0.7 |
| <i>anjou</i> | 28 | 13 | 27 | 0.7 |
| <i>bonnezeaux</i> | 25 | 13 | 26 | 0.4 |
| <i>pauillac</i> | 27 | 10 | 22 | 0.6 |

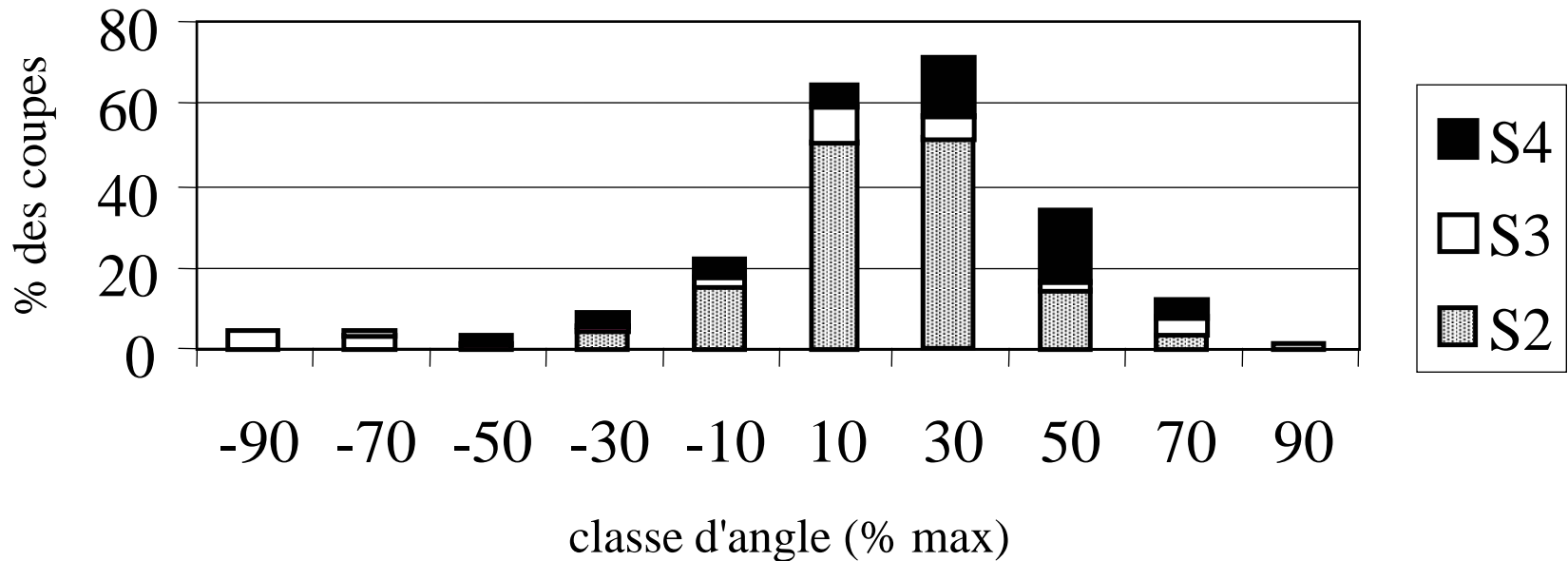
FLEXION / EXTENSION DU POIGNET

wrist flexion / extension



DEVIATION RADIALE / CUBITALE DU POIGNET

déviati on radiale/ cubitale



CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE DE TAILLE EN FONCTION DU TYPE DE SECATEURS

| | Manuel | Pneumatique | Electrique |
|---|---------|-------------|------------|
| Coupes par cep | 12 - 18 | 10 - 15 | 10 - 15 |
| Coupes dans la zone optimale d'atteinte | 60 % | 40 % | 40 % |
| Déplacements | +++ | + | + |
| Postures du poignet non neutres | <20 % | >60 % | >60 % |

APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE POUR LA CONCEPTION (1)

1. Modélisation de l'activité du tailleur

- comportements des viticulteurs
- schémas d'utilisation des sécateurs
- régulation des contraintes
- **hypothèses pour la conception**

asymétrie des coupes \Rightarrow outils asymétrique

ESSAIS DE PROTOTYPES DE FORMES DIFFERENTES



ERGVRM021



ERGLRM022

APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE POUR LA CONCEPTION (2)

2. Identification des facteurs de risque de TMS dans l'activité des opérateurs

- répétitivité des coupes
- intensité des efforts de préhension
- position du poignet au moment des efforts de coupe
- mode de préhension de l'instrument de taille
- **organisation du travail +++**
- froid, humidité, gants...

APPORTS DE L'APPROCHE BIOMECHANIQUE EN SITUATION REELLE DE TRAVAIL (1)

1. Quantification fine de l'intensité et de la répétitivité des efforts de coupe

- travail musculaire quasi-statique intermittent des fléchisseurs des doigts
- force moyenne = 20 - 28 % FMV (12-18 daN)
- postures extrêmes en flexion / extension du poignet : rares
- déviations cubitales du poignet ($> 40\%$) : fréquentes

APPORTS DE L'APPROCHE BIOMECHANIQUE EN SITUATION REELLE DE TRAVAIL (2)

2. Analyse des stratégies de régulation des astreintes construites par les opérateurs

- fréquence des positions de moindres contraintes en flexion / extension
- limitation du cumul des facteurs de la CMS (force, posture)

3. Complémentarité avec l'analyse de l'activité +++

- interprétation des enregistrements guidée par l'analyse de l'activité
- enrichissement de la compréhension des régulations
- limites des observations participantes / sensations haptiques

APPORTS DE L'APPROCHE BIOMECHANIQUE EN SITUATION EXPERIMENTALE POUR LA CONCEPTION

1. Relation « empan - couple »

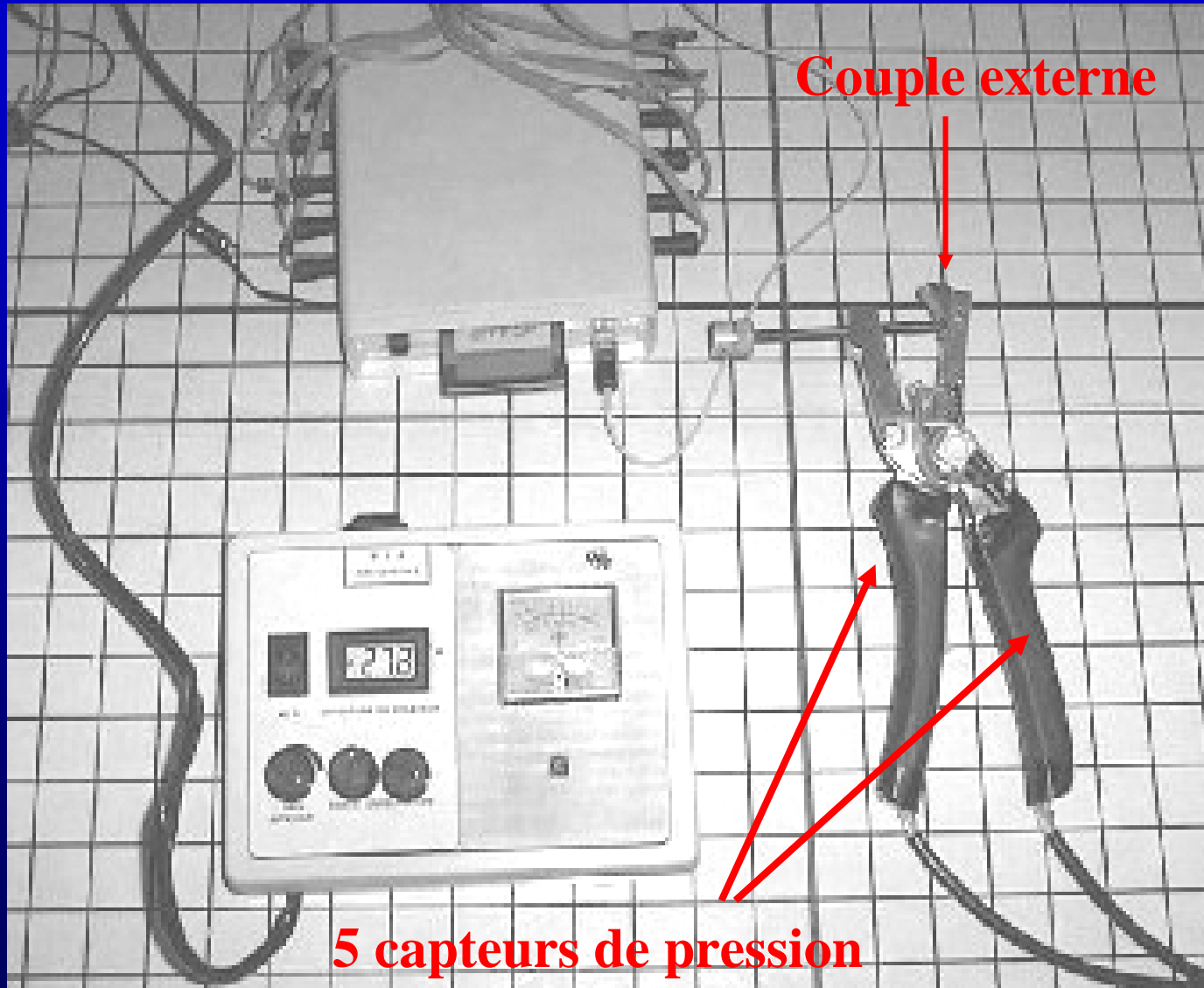
→ plage étroite de fonctionnement optimal du sécateur

2. Confort procuré par les poignées et la géométrie du sécateur

3. Effet démultiplicateur des poignées «tournantes»

4. Comparaison des prototypes

SECATEUR EXPERIMENTAL



RECOMMANDATIONS POUR LE DESSIN DU SECATEUR (points 8/9)

1. Réduire les postures non-neutres du poignet et de la main, augmenter l'efficacité de l'outil

- inclinaison verticale de la lame pour limiter la déviation cubitale du poignet
- angulation latérale (gauche) de la lame pour placer le poignet en position neutre et améliorer la dextérité
- respect de l'empan de la main (ouverture < 80 mm)

2. Privilégier la facilité d'usage

RECOMMANDATIONS POUR LE DESSIN DU SECATEUR (points 8/9)

3. La forme des poignées doit :

- respecter la forme de la main (zones sensibles / à risque)
- réduire la pression sur la paume (canal carpien) et les doigts
- diminuer les frottements de la base du pouce
- être confortable (revêtement élastomère)
- ne pas glisser (revêtement élastomère)

RECOMMANDATIONS POUR LE DESSIN DU SECATEUR (points 8/9)

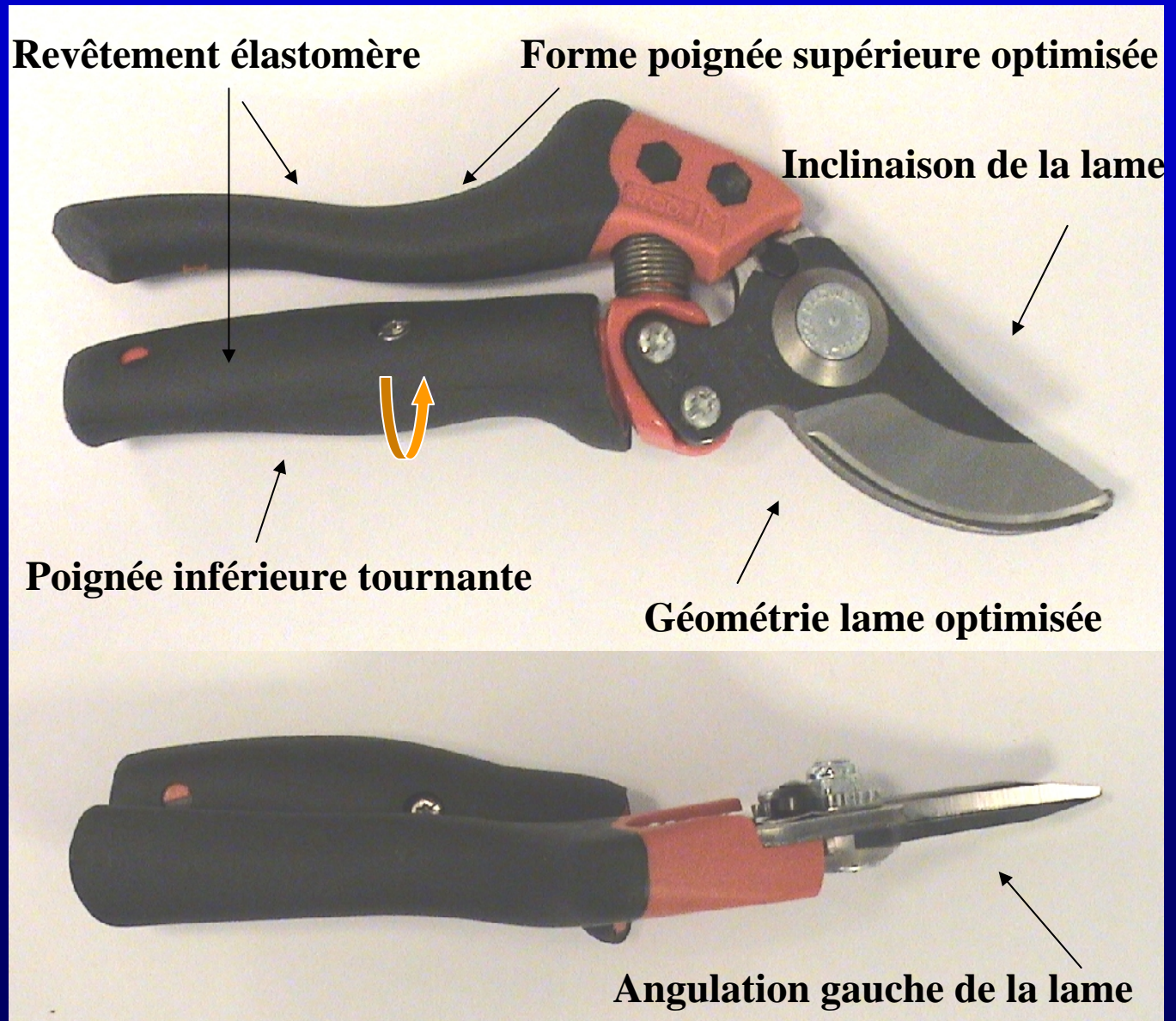
4. Possibilité d'adapter l'outil à la main et au type de taille

- système modulaire**
- 3 tailles de lame (diamètre des sarments à tailler)**
- 3 tailles de poignées + gaucher**
- poignée inférieure rotative ou non**

5. Utiliser un outil adapté au style de taille

6. Expliquer les principes de la prévention des TMS aux utilisateurs

DESSIN FINAL : modèle ERGO PXR



ergo®



PRADINES®

**Droitiers et
gauchers**



***Votre sécateur
sur mesure***

- ***Plus de confort***
- ***Moins de fatigue***
- ***Moins de douleurs***

PX & PXR

Les sécateurs ergonomiques

Présentés sur le salon SIVAL à Angers - Grand Palais - stand F79

16 - 17 et 18 JANVIER 2002

SYSTEME DE MESURE DE LA MAIN : 3 TAILLES (Bahco)

BAHCO
L'OUTIL
PRAGMATIQUE

ergo

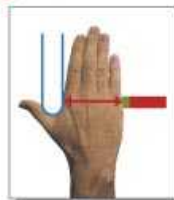
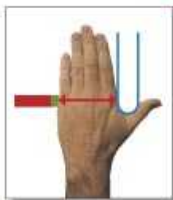
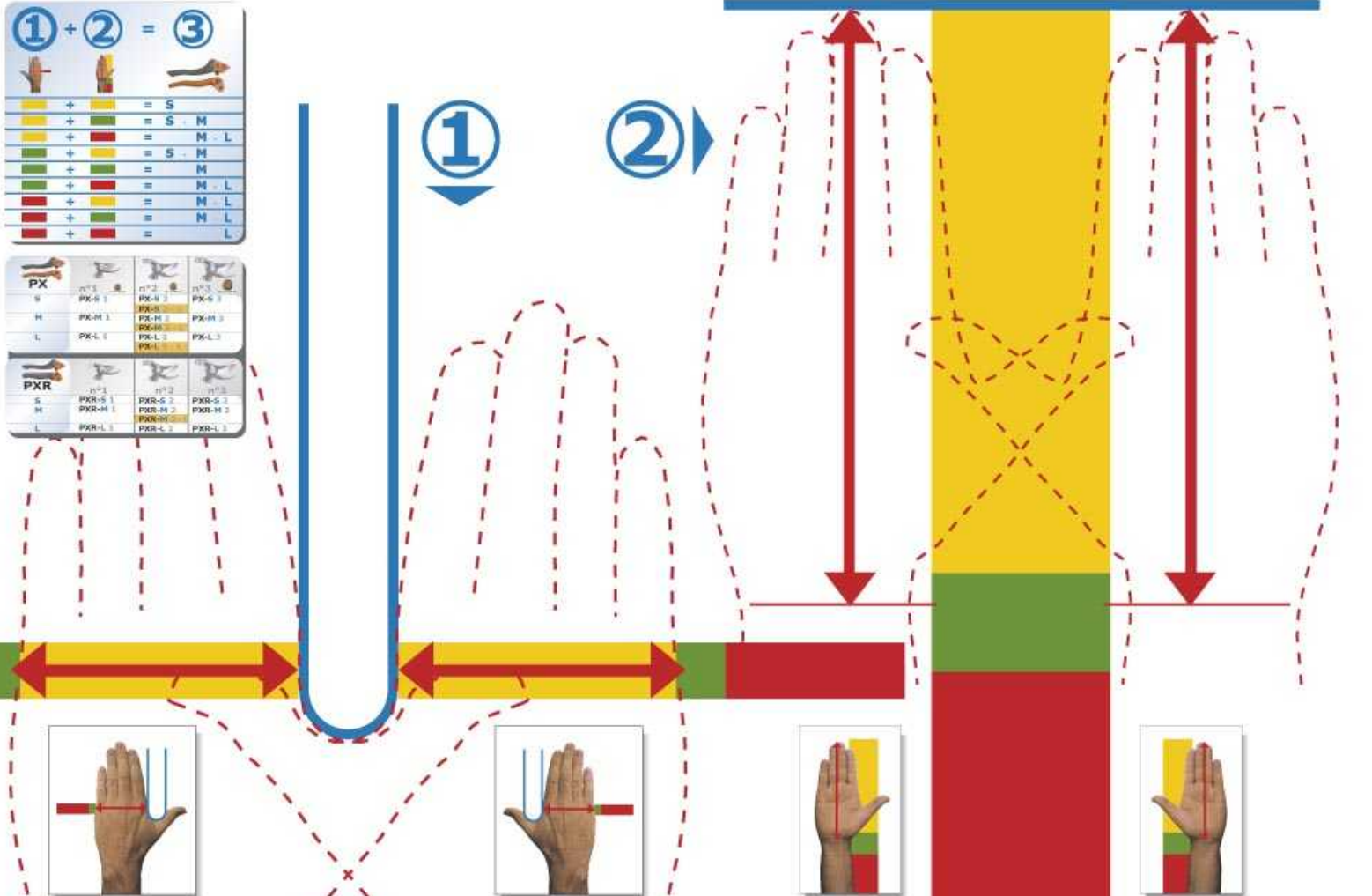
PX&PXR

① + ② = ③

| | | | | |
|--|---|--|---|-------|
| | + | | = | S |
| | + | | = | S - M |
| | + | | = | M - L |
| | + | | = | S - M |
| | + | | = | M |
| | + | | = | M - L |
| | + | | = | M - L |
| | + | | = | M - L |
| | + | | = | L |

| | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| PX | | | | |
| S | PX-S-1 | PX-S-2 | PX-S-3 | PX-S-4 |
| M | PX-M-1 | PX-M-2 | PX-M-3 | PX-M-4 |
| L | PX-L-1 | PX-L-2 | PX-L-3 | PX-L-4 |

| | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| PXR | | | |
| S | PXR-S-1 | PXR-S-2 | PXR-S-3 |
| M | PXR-M-1 | PXR-M-2 | PXR-M-3 |
| L | PXR-L-1 | PXR-L-2 | PXR-L-3 |



PREMIERE ETAPE

Analyse du type de
taille et de vigne

DEUXIEME ETAPE

Mesure de la longueur
et de la largeur de la
main

TROISIEME ETAPE

1. Choix de la taille

- lame

- poignées (L, M, S)

2. Choix poignée inférieure
fixe ou tournante

3. Choix dureté du ressort



EVALUATION BIOMECHANIQUE DU SECATEUR ERGONOMIQUE (point 10)

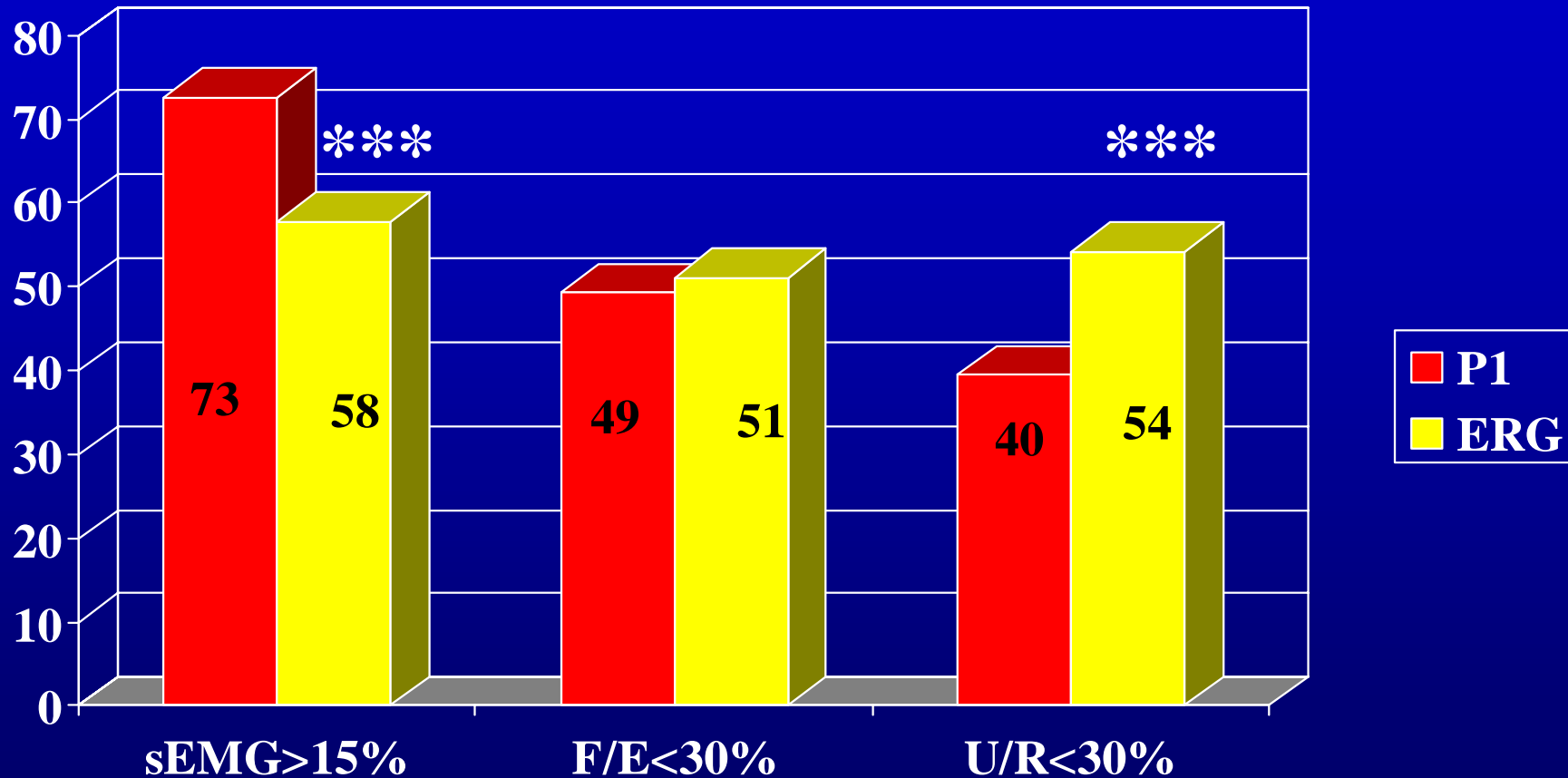


ERGO



REFERENCE

EVALUATION BIOMECANIQUE DU SECATEUR ERGONOMIQUE



N = 4

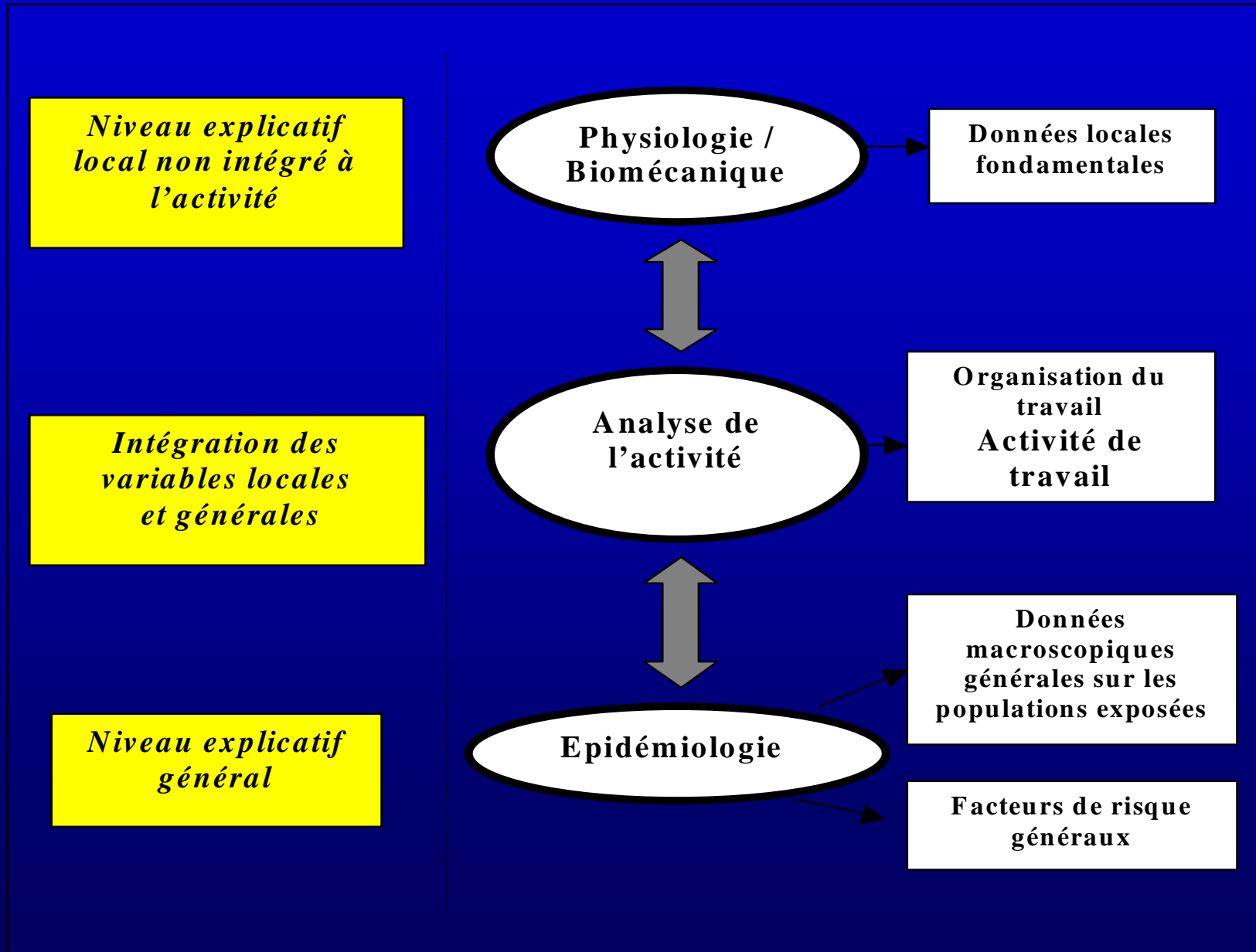
EVALUATION DU SECATEUR PXR EN SITUATION REELLE DE TAILLE (points 10-11)

- **Coopération MSA et Bahco-Pradines**
- **Méthodes psychophysiques**
 - > **22 vignerons français expérimentés + Italie et Allemagne**
 - > **test long (2 mois) en situation réelle**
- **Diminution des douleurs : 40 % des sujets**
- **“Retours favorables” depuis le lancement du produit en 2000-2001**

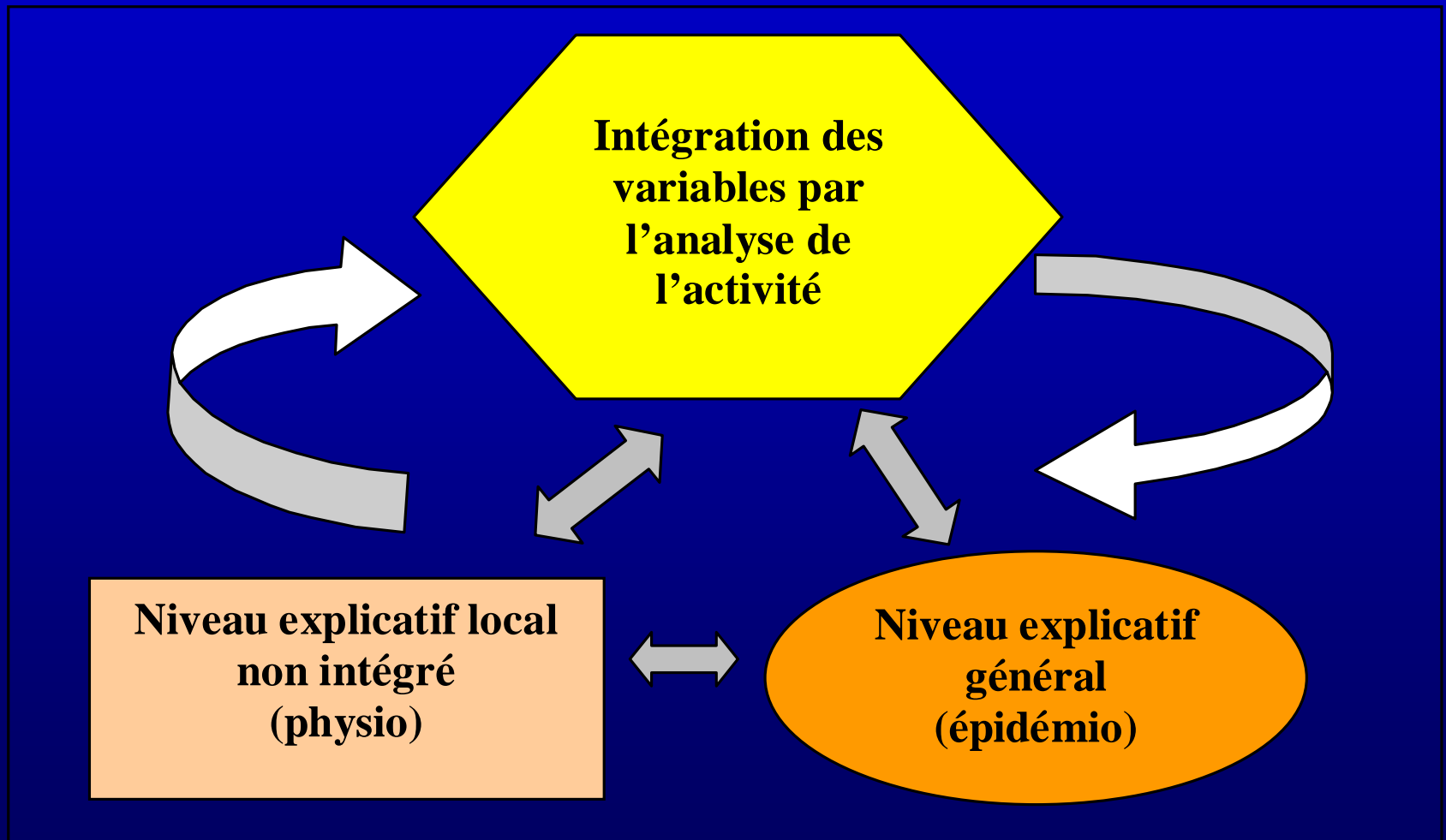
INTERET DE L'APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE

- **Principe de l'interdisciplinarité**
 - complémentarité des points de vue
 - décloisonnement des méthodes
 - vision non dogmatique des disciplines
- **Approche dynamique**
 - aller-retour entre les disciplines
 - boucles de « conception - validation - reconception »
- **Coopération Ergonomes / Concepteurs**

Approche multidimensionnelle de la relation santé - travail



Dynamique de l'approche multidimensionnelle



LES SECATEURS : UN CAS FAVORABLE A UN PROGRAMME DE CONCEPTION ERGONOMIQUE

- **Utilisation circonscrite à la taille de la vigne**
- **Tâche ne nécessitant qu'un ou deux outils**
- **Tâche très répétitive**
- **Sollicitations biomécaniques importantes**
- **Tâche quasi-artisanale**
- **Pas d'insertion dans un processus industriel complexe**

CONCLUSION 1

- **Intérêt d'une démarche multidimensionnelle de conception**
- **Durée suffisante pour réaliser le programme de R & D**
- **Application à d'autres outils (protocole simplifié)**
 - sécateurs « grand public »
 - sécateurs à deux mains (viticulture, arboriculture)
 - cueille-rose , etc...

MODELE « GRAND PUBLIC »

Adapter l'outil à l'homme...

Le sécateur "sur mesure"



In professional hands
since 1983.

Issu d'un long processus d'élaboration, ce nouveau sécateur ergonomique vous offre plus de confort, moins de fatigue, plus de sécurité et plus d'efficacité.

Il existe en 7 modèles pour répondre parfaitement à tous vos besoins.



Inclinaisons verticale et latérale

Elles compensent les torsions du poignet et améliorent le rendement par une position plus naturelle de la main pendant la coupe.

Revêtement en élastomère

sur la poignée supérieure.
Il assure une prise en main plus sûre et plus ferme par une meilleure adhérence.


2 Têtes de coupe

adaptées aux besoins
(capacité de coupe $\varnothing 15$ mm ou $\varnothing 20$ mm).
Les lames sont protégées contre la rouille par un revêtement Xylan®, qui en plus, facilite la coupe.

Les poignées respectent les formes de la main.

Elles existent en 3 tailles S, M et L (petite, moyenne et grande) : le système de mesure est dans le rayon de votre magasin.
Les efforts de pression sont diminués dans les zones sensibles de la main.
Pour plus de confort en cas d'usage intensif, il existe aussi une poignée tournante.

JDoom - 02 38 73 06 93

 Les outils Bahco Pradines
sont fabriqués en France.

BAHCO OUTILLAGE SAS
4, AVENUE BUFFON - 45100 ORLEANS LA SOURCE
© 02 38 49 70 00 - FAX : 02 38 41 41 43

APPLICATION AUX SECATEURS « DEUX MAINS » EN VITICULTURE



APPLICATION AUX SECATEURS « DEUX MAINS » EN ARBORICULTURE



CONCLUSION 2

- **Nécessité de poursuivre les réflexions méthodologiques**
- **Coopération des acteurs**
 - ergonomes / concepteurs
 - concepteurs / commerciaux
- **Difficultés de l'interdisciplinarité**
 - Compréhension réciproque des spécificités des disciplines
 - Attitude non dogmatique des acteurs