

ETUDES ERGONOMIQUES ASSOCIEES AU PORT DES EPI

EVALUATION DE L'ASTREINTE PHYSIOLOGIQUE
LIEE AU PORT DE COMBINAISONS EN SMS

Jean-Luc DARET – Ergonome Préventeur SPST

Gérald LOPEZ – Responsable Pôle Expertise et Performance DMRE

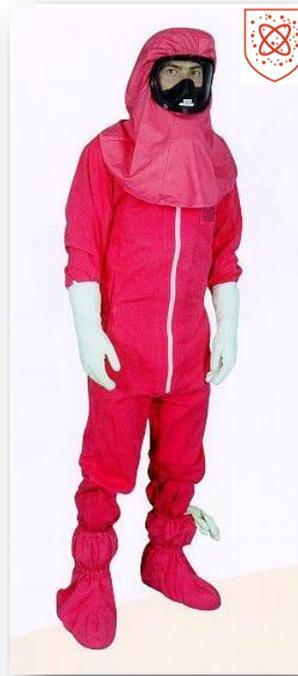
Orano Recyclage – Etablissement de La Hague



Tenues de protection La Hague (en 2017)



Tenue universelle
polyester coton



Tenue active
polyester coton



Combinaison
polyéthylène HD
TYVEK



Tenue vinyle
Emmanuelle



Tenue vinyle
ventilée
MAR 95-3 / PK17



Combinaison
polyéthylène
3 couches
SPACEL



Combinaison
polypropylène
enduite
Microchem 3000



Combinaison
Polyéthylène HD
enduite
TYCHEM F

Tenues de protection et problématique

|  Risque Radiologique |  Amiante | | |
|--|---|---------------------------------|---|
| | Niveau 1 | Niveau 2 | Niveau 3 |
| | <100f/l | 100 à 6000f/l* | >6000f/l |
| | TU | <i>Sans douche</i> TU + TENV | Sous vêtement jetable+ TNE + TENV <i>Avec douche</i> |
| TU+TNE Ou TU+TENV | | | |
| TU+TNE+TENV | <i>Sans douche</i> TU + TNE + TEV | | |
| TU+TNE+TEV | | | |

• Tenues intissées SMS

**Recherche protection
pulvérisations liquides
et particules fines
+
Réduction du stress
thermique**



Tenue active
polyester coton



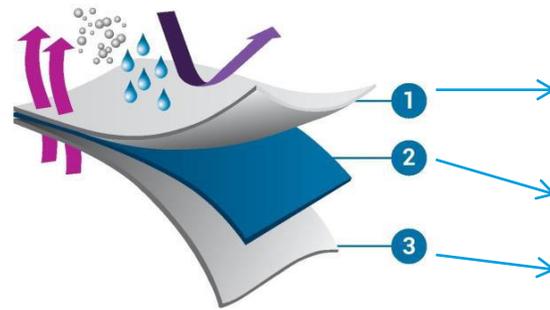
Combinaisons intissées polypropylène SMS
MICROGARD M1500
WEESAFE Weecover Max 1

EPI catégorie III type 5/6
Classe 1 FP > 2000



● Définition du sigle SMS

**SMS = Spunbond Meltblow Spunbond
microfibres polypropylène non tissées**

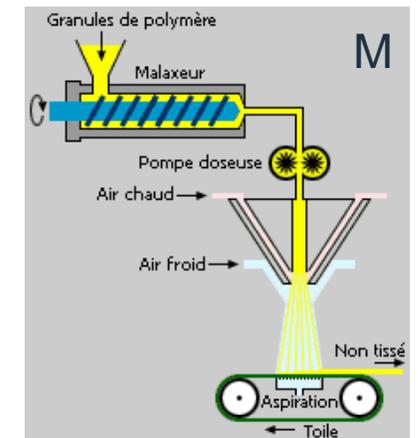
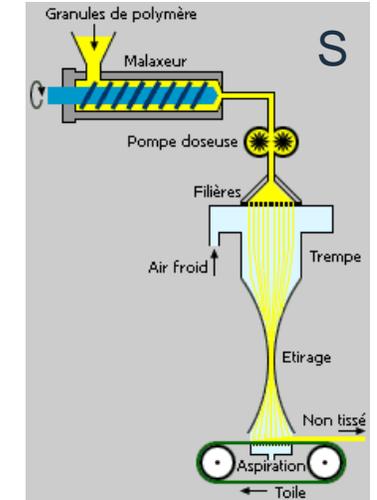


S : SPUNBOND

procédé de fabrication d'une couche de polypropylène. Cette couche est conçue dans un premier temps par l'extrusion de granules de polymère formant des fils en polypropylène (SPUN), et dans un deuxième temps par le liage des fils afin de consolider la couche (BOND).

M : MELTBLOW

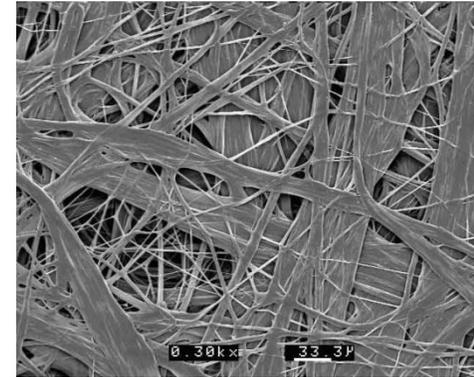
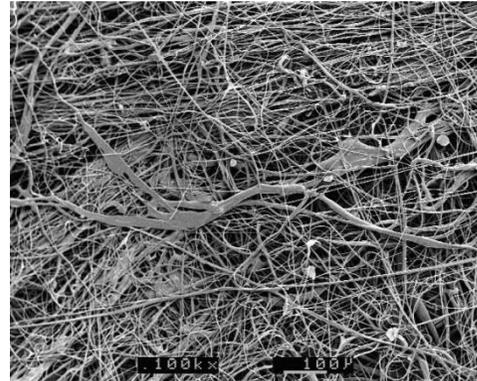
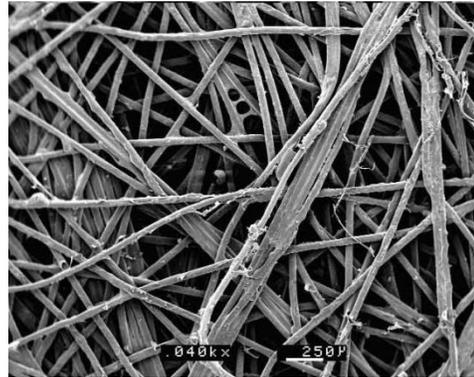
autre procédé de fabrication d'une couche de polypropylène. Cette couche est constituée de microfibres de polypropylène fondues et projetées afin de constituer une couche qui sert de filtre.



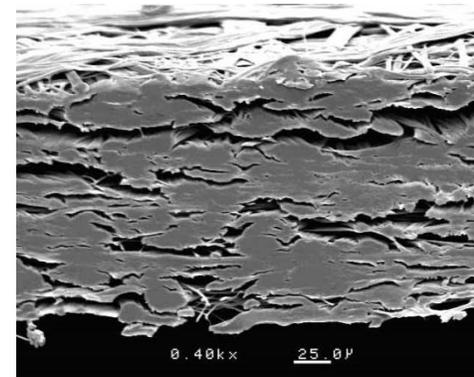
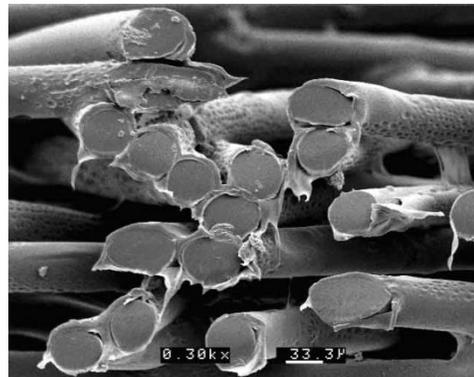
Source : Weesafe®

• SMS vs TYVEK®

Surface



Coupe



Spunbond

MeltBlown

**Tyvek®
(Flash Spinning)**

• Objectif des essais

Comparaison de différentes associations de tenue de protection dans les conditions suivantes :

- **En tenue intermédiaire sous des tenues étanches ventilées pressurisées (TEV) et sous des tenues étanches non ventilées (TENV)**
- **En tenue de protection « dernière couche » pour les situations à risques radiologiques et amiante combinés.**

NB : Ces essais n'ont pas vocation à permettre de déterminer des durées limites de port mais de comparer l'astreinte physiologique induite dans les différentes configurations pour des activités physiques de charge identiques.

Remplacer la tenue active textile par une tenue intissée « respirante » en SMS



Associations de tenues testées

 Tenue 1 : TU + TA

 Tenue 2 : TU + SMS

 Tenue 3 : TU + TYVEK

 Tenue 4 : TU + TA + TENV

 Tenue 5 : TU + TA + TEV

 Tenue 6 : TU + SMS + TENV

 Tenue 7 : TU + SMS + TEV

 Tenue 8 : SMS + TENV (sans TU)

 Tenue 9 : TU + TENV (sans TA)

| | |
|---|----------------------------------|
|  | Tenues 2 couches |
|  | Tenues étanches avec sous tenues |
|  | Tenues ventilées |

TU : Tenue Universelle textile de base

(tee-shirt / slip / chaussettes / chaussures sécu)

TA : Tenue Active textile

TENV : Tenue Etanche Non Ventilée

TEV : Tenue Etanche Ventilée Pressurisée

Modèles testés

- **SMS** = WEESAFE Weecover Max1 Blue
- **TYVEK** = DUPONT TYVEK Classic Plus
- **TENV** = MICROGUARD Microchem 3000
- **TEV** = DELTA PROTECTION MAR 95 ou MATISEC PK17

● Protocole de test

- ❖ 5 sujets masculins
- ❖ Ordre de passage des tenues aléatoire
- ❖ Pesées sujet « nu » avant/après
- ❖ Enregistrement fréquence cardiaque en continu
- ❖ Questionnaires d'appréciation subjective à priori et après essai
- ❖ Epreuves au hall essais formation (bât. inactif)
 - Repos assis avant épreuve (5-10 min)
 - Habillage
 - Montées/descentes échelle à crinoline 11 barreaux (x4)
+ marche 5 & 10 m A/R (x4)
 - Chariot 4 roues directrices chargé 100 kg sur 25 m A/R (x4)
 - Montées/descentes escalier 15 marches (x12)
 - Chariot 4 roues directrices chargé 100 kg sur 25 m A/R (x4)
 - Déshabillage
 - Repos assis 30 minutes
- ❖ Evaluation du confort thermique après épreuve (échelle de Borg)

} ≈30-40 min



• Epreuves de test

Echelle 11 barreaux
+ marche 10 m



x4 A/R

Chariot 100 kg sur 25 m
avec virage
et demi tour



x4 A/R

Escalier 15 marches



x12 A/R

Chariot 100 kg sur 25 m
avec virage
et demi tour

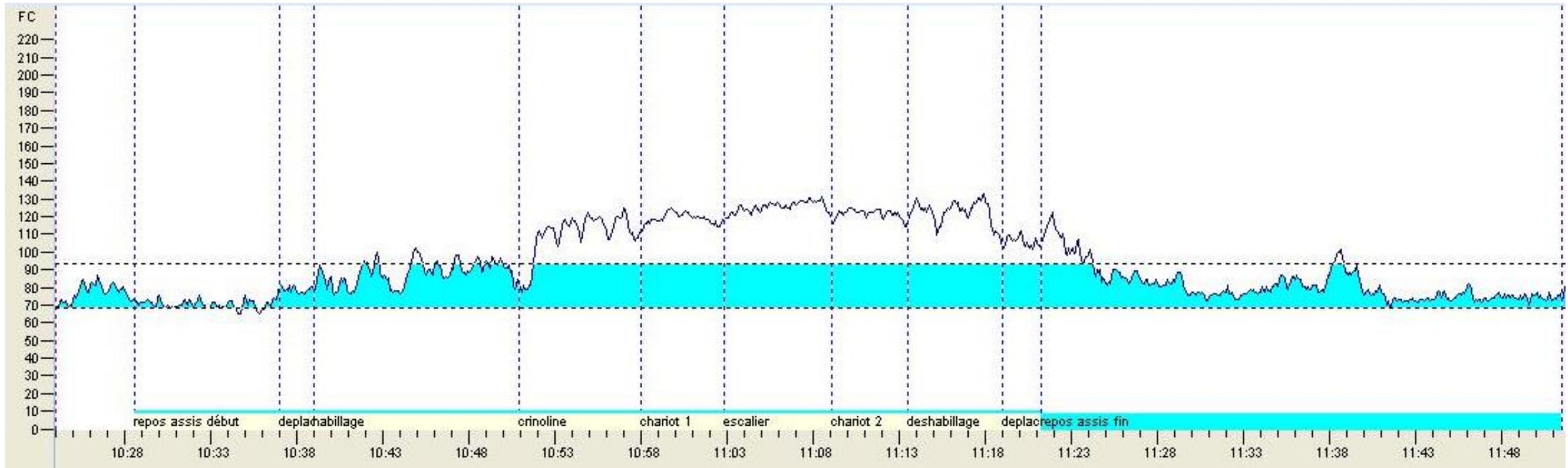


x4 A/R

● Profil cardiaque épreuve



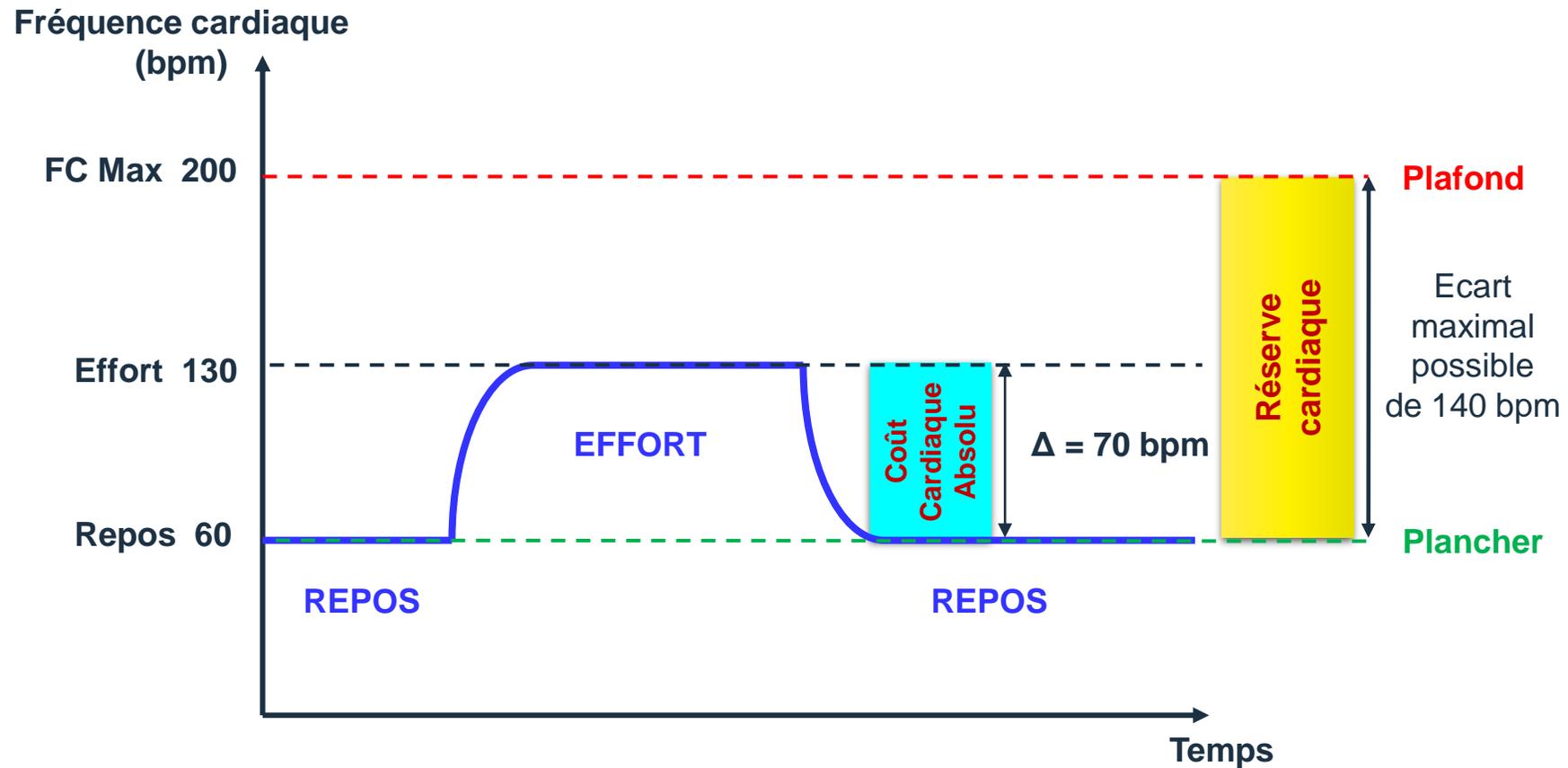
Exemple en tenue 7 : TU+SMS+MAR



Le coût cardiaque relatif



Exemple



$$CCR = \frac{CCA \times 100}{FMT - F_{réf}} = \frac{130 - 60}{200 - 60} \times 100 = \frac{70}{140} \times 100 = 50\%$$

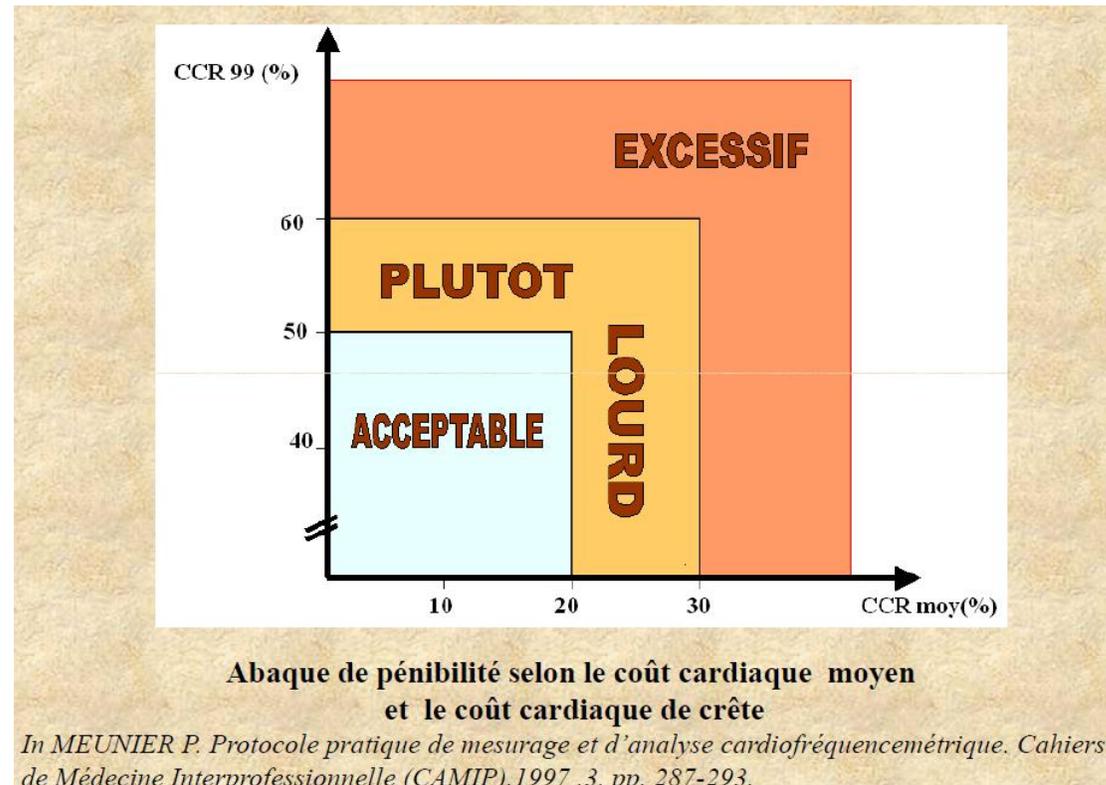
Grilles d'interprétation des résultats



CCR 99%

Valeur de coût cardiaque relatif qui n'est « atteinte que pendant 1% du temps de travail » (crêtes)

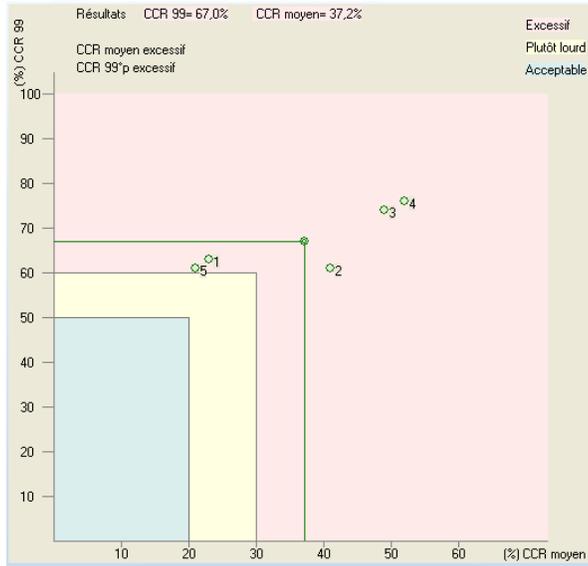
→ marque l'explosivité musculaire et donc cardiaque nécessaire à l'accomplissement de la tâche.



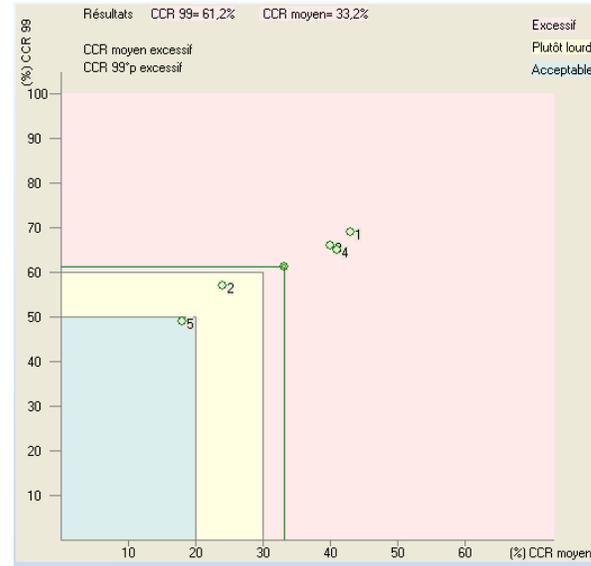
CCR moyen

→ marque l'intensité de la sollicitation cardiaque dans le temps (endurance)

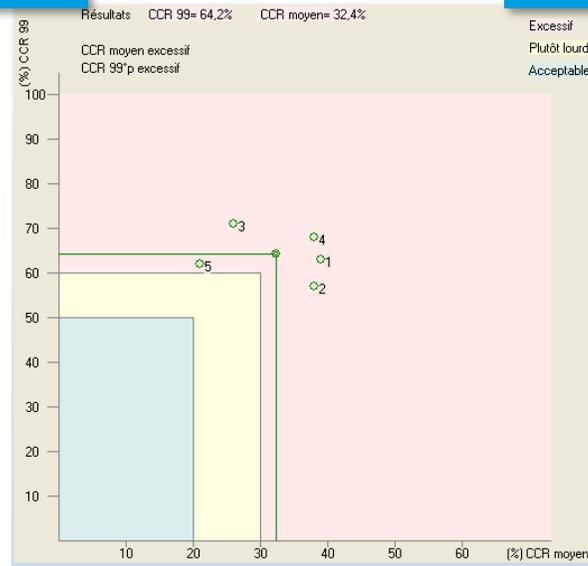
Tenues 2 couches



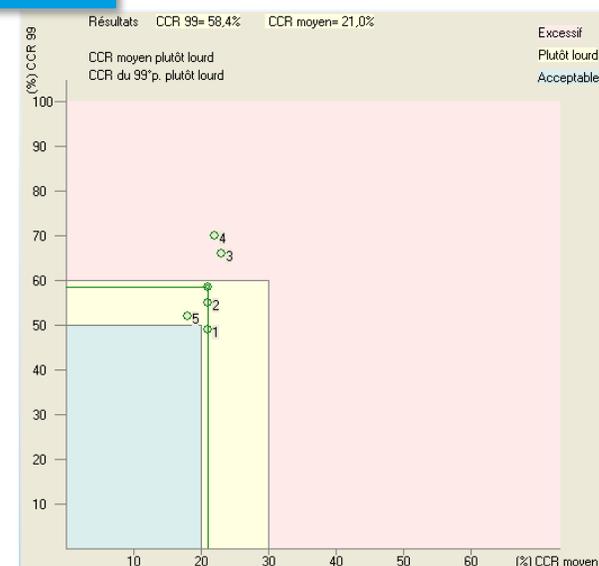
Tenue 1 - TU+TA



Tenue 2 - TU+SMS



Tenue 3 - TU+TYVEK

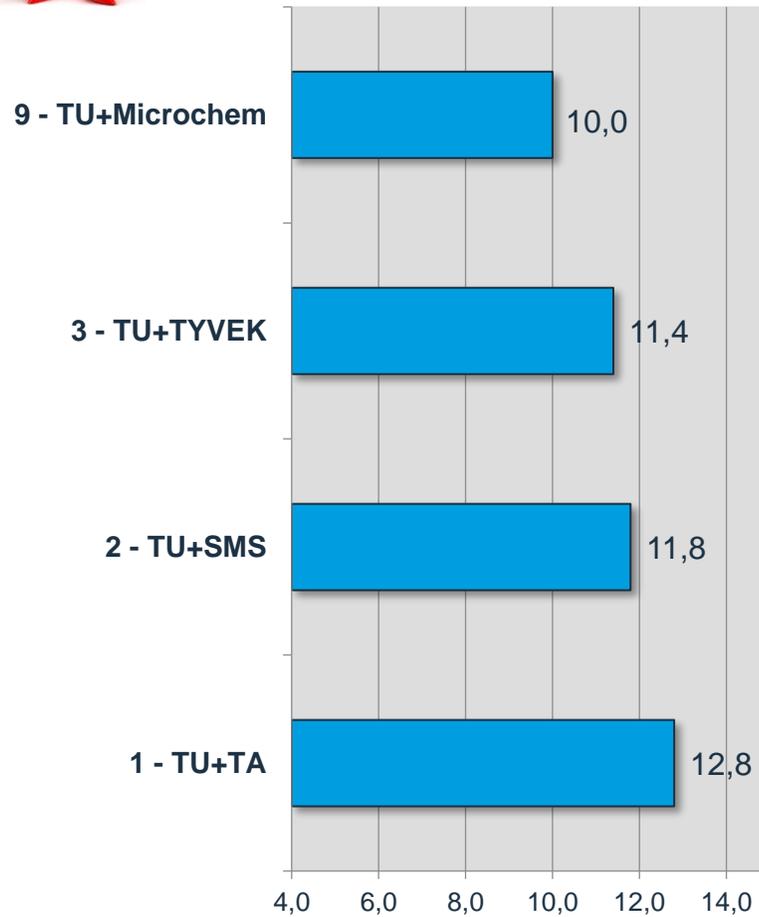


Tenue 4 - TU+MICROCHEM

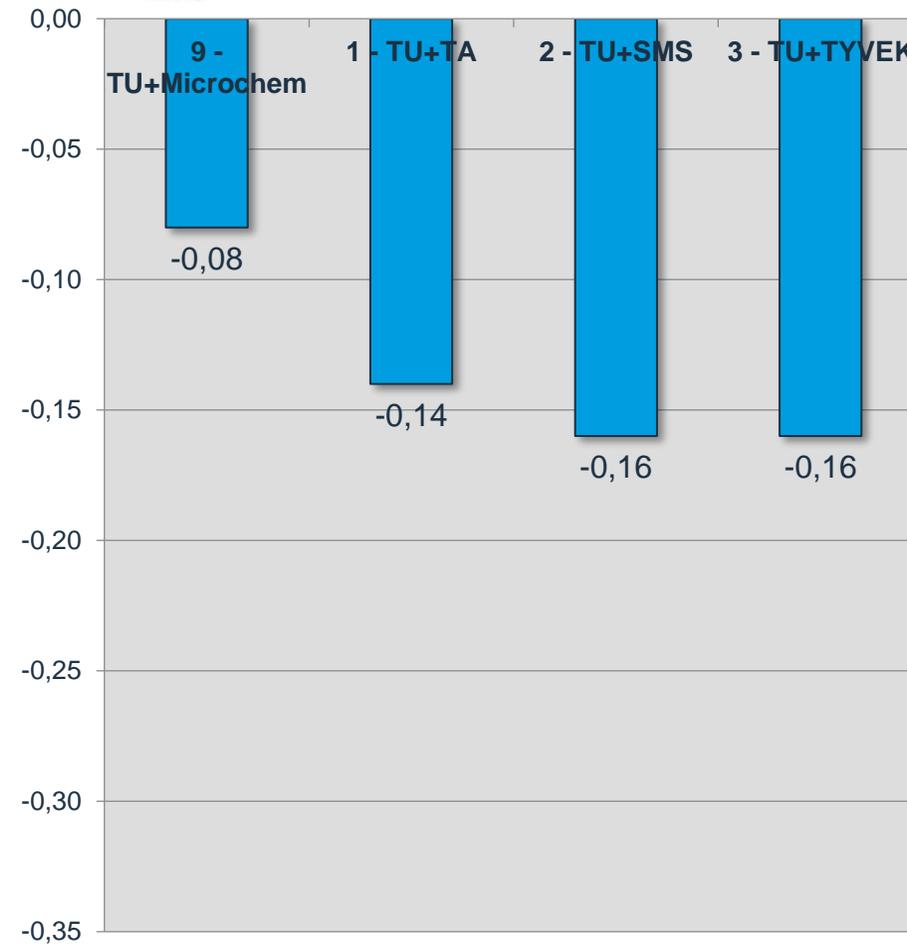
Tenues 2 couches



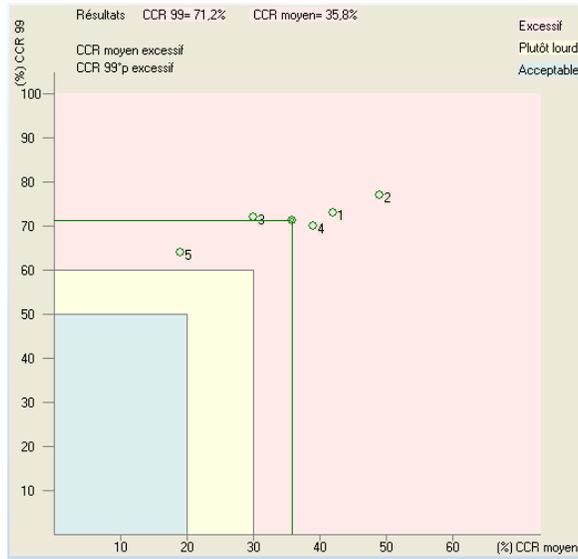
Scores de pénibilité



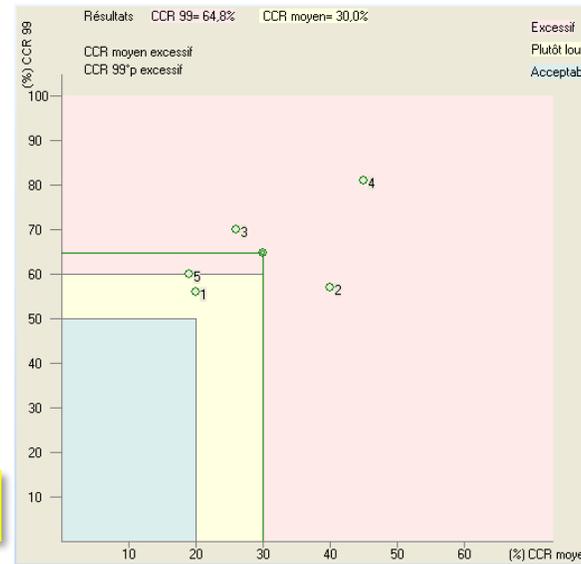
Pertes hydriques



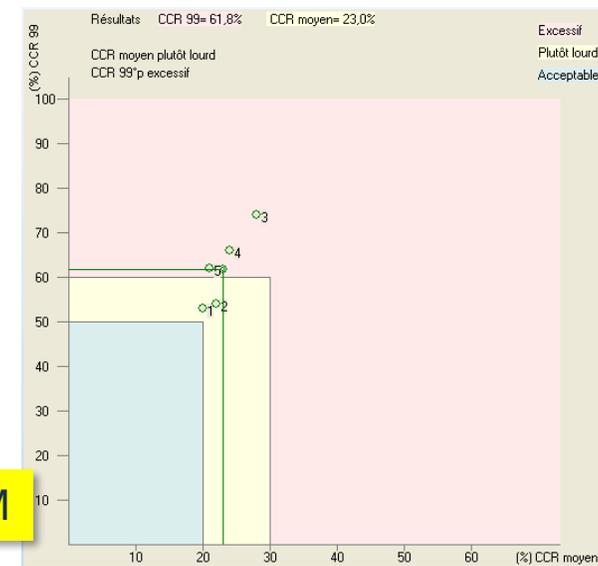
Tenues étanches avec sous tenues



Tenue 4 - TU+TA+MICROCHEM



Tenue 6 - TU+SMS+MICROCHEM

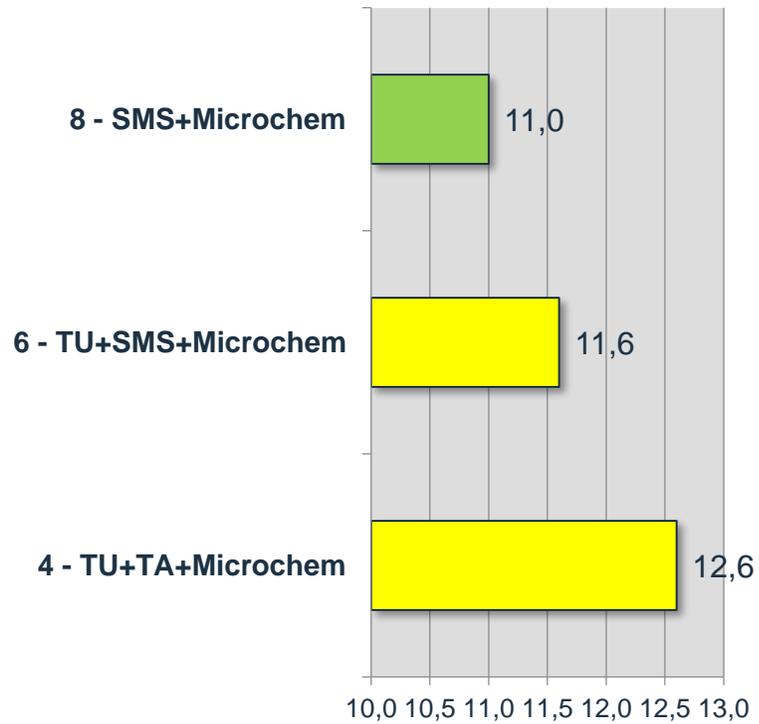


Tenue 8 - SMS+MICROCHEM

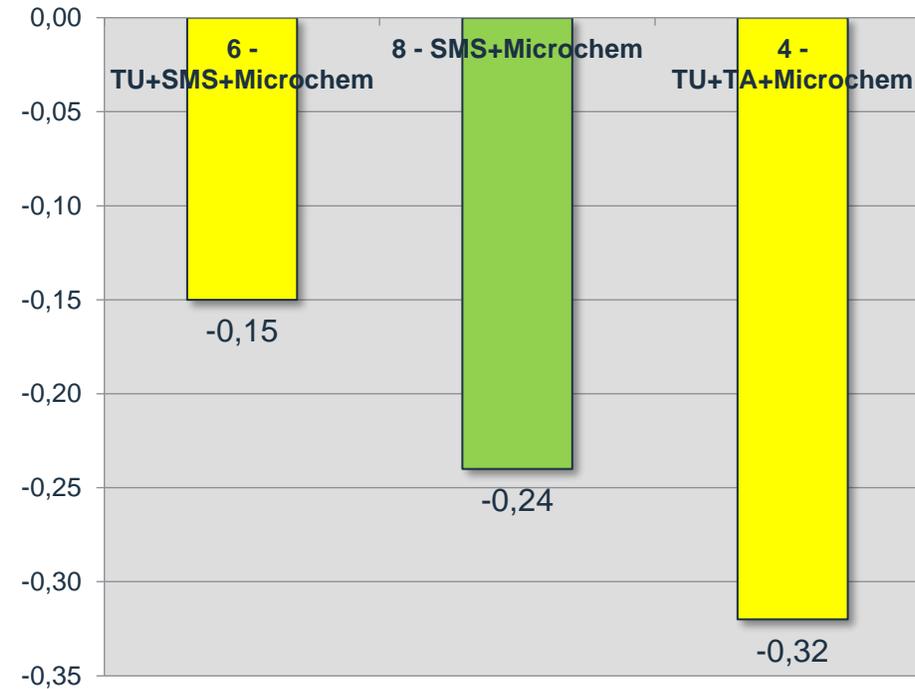
Tenues étanches avec sous tenues



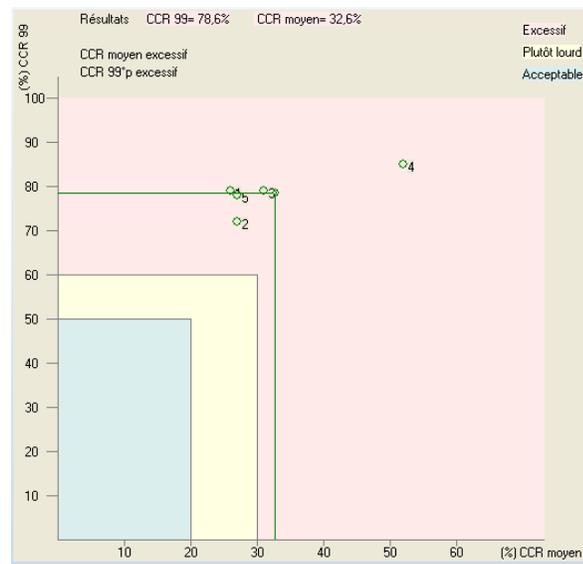
Scores de pénibilité



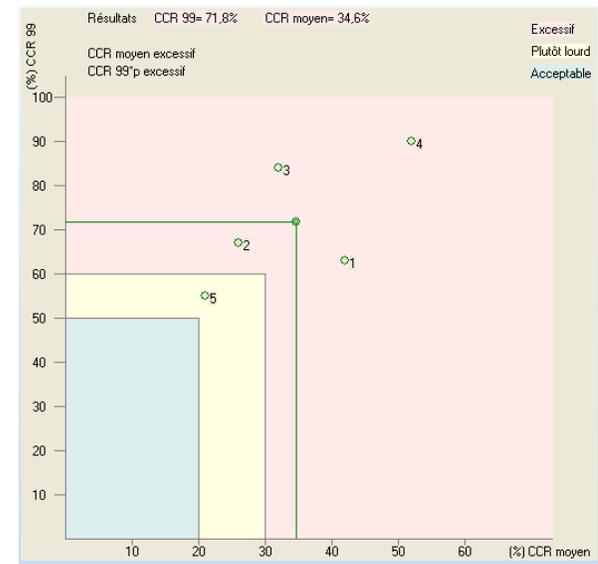
Pertes Hydriques



• Tenues ventilées



Tenue 5 - TU+TA+MAR

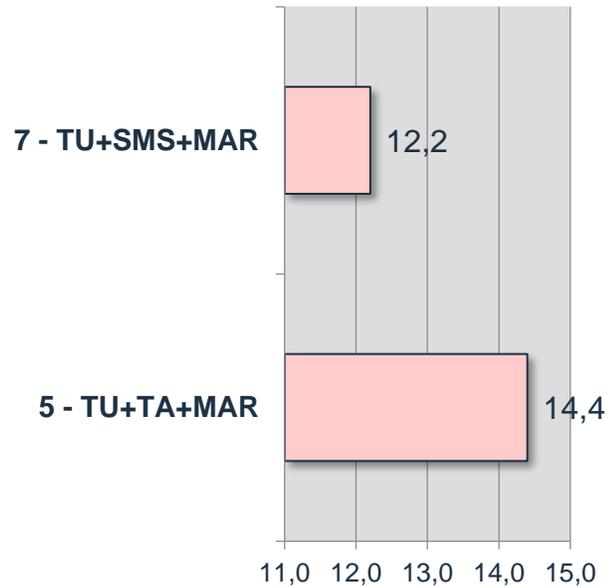


Tenue 7 - TU+SMS+MAR

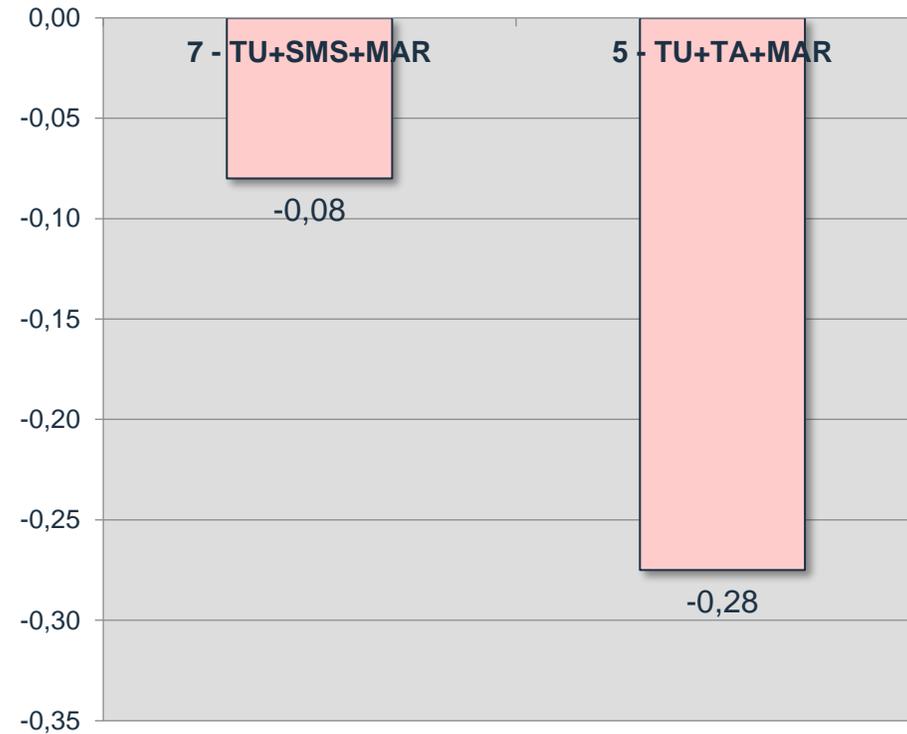
Tenues ventilées



Scores de pénibilité



Pertes hydrique



● Détermination du score de pénibilité



Exemple

Calculs, grille de MEUNIER, SMOLIK, KHOUCHE (fc de réf:69)

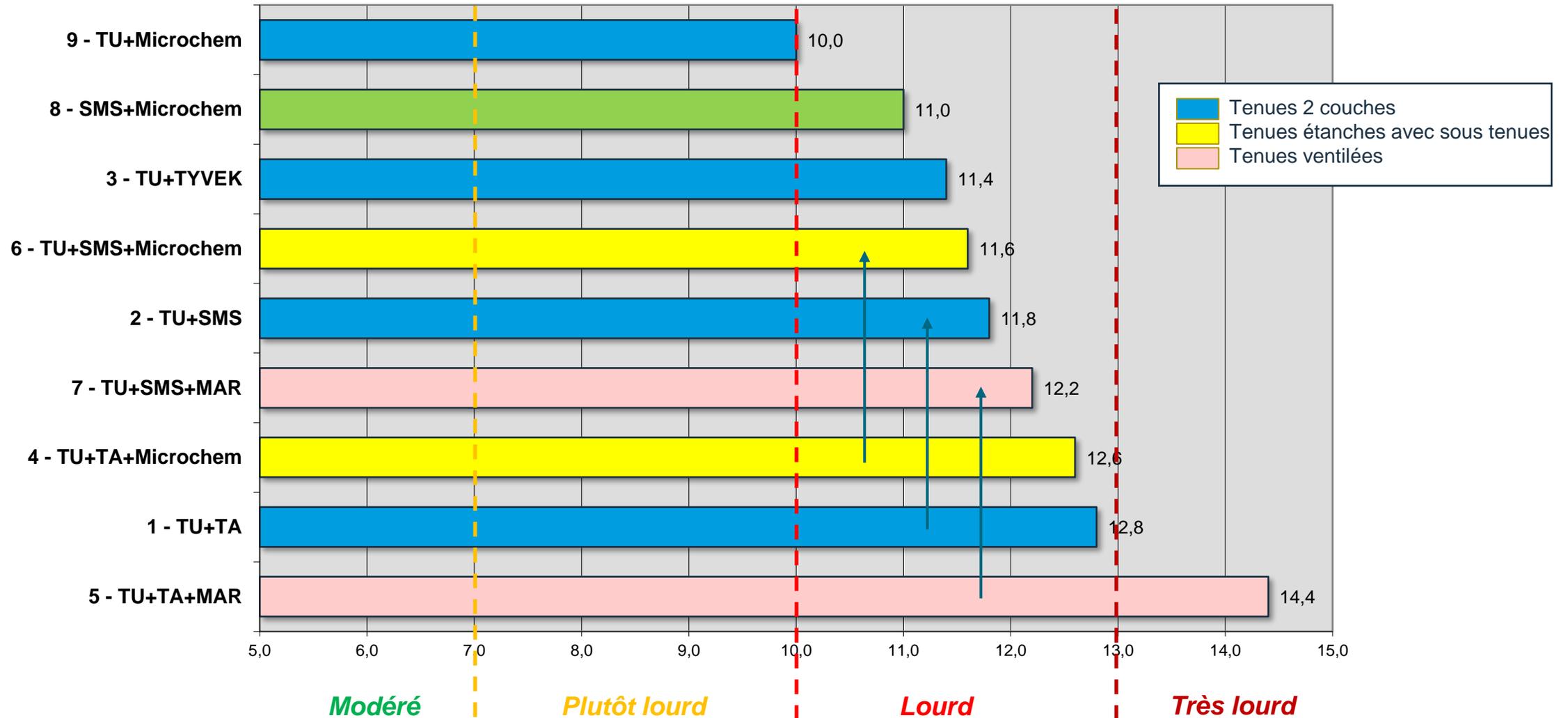
| Cotation | FC moyenne (bpm) = 110 | 99 PCT (bpm) = 131 | CCR (%) = 42 |
|----------|------------------------|--------------------|--------------|
| 5 | 120 et + | 150 et + | 40 et + |
| 4 | 110-119 | 140-149 | 30-39 |
| 3 | 100-109 | 130-139 | 20-29 |
| 2 | 90-99 | 120-129 | 10-19 |
| 1 | 80-89 | 110-119 | 0-9 |

| Score total (12) | Niveau de pénibilité |
|------------------|----------------------|
| 13-15 | Très lourd |
| 10-12 | Lourd |
| 7-9 | Plutôt lourd |
| 4-6 | Modéré |
| 1-3 | Léger |

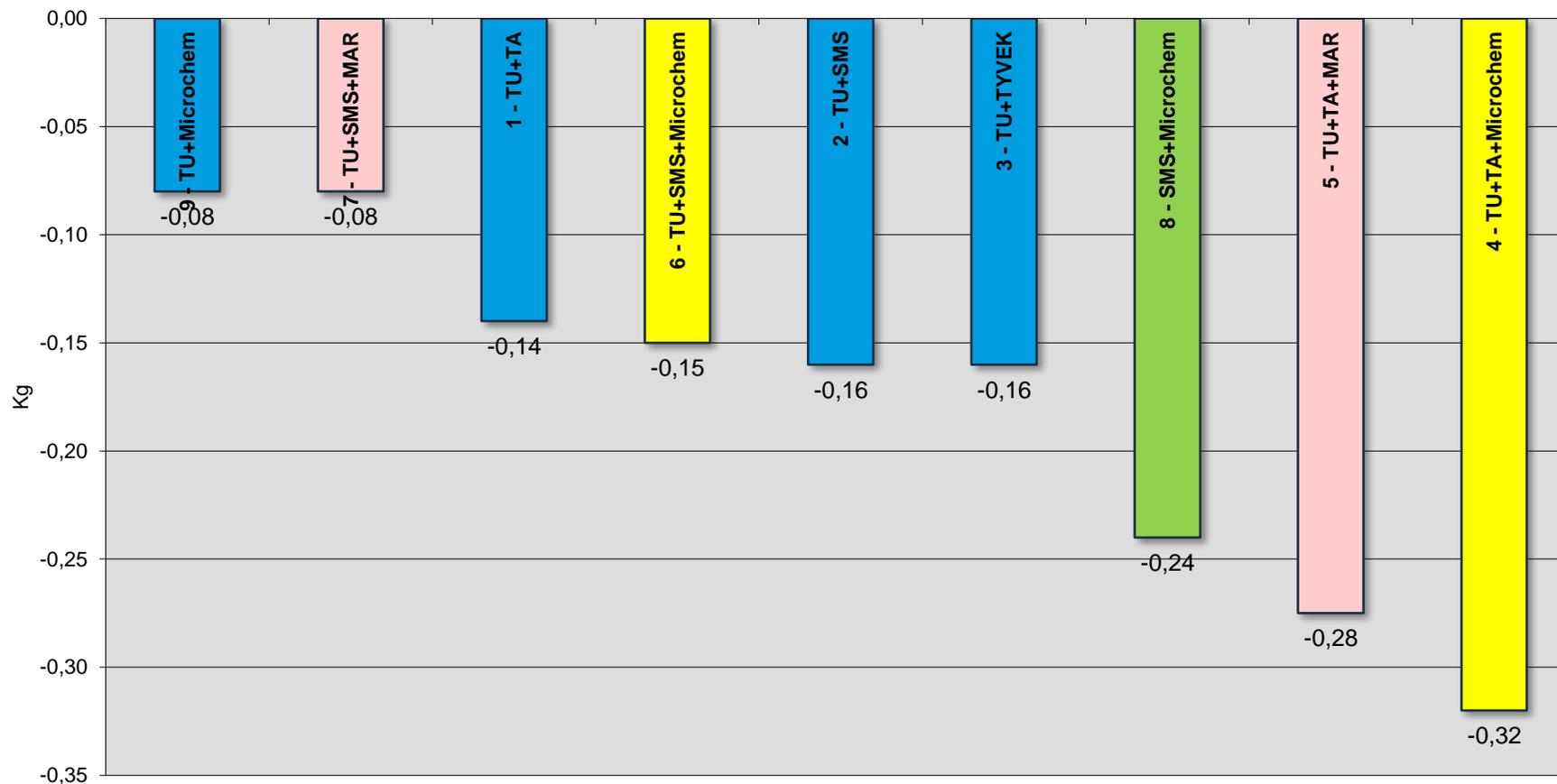
Indice de pénibilité complémentaire:
C.C.A. du 99^e percentile = 62 C.C.R. du 99^e percentile = 63%

NB : Les phases d’habillage et de déshabillage sont prises en compte.

Scores de pénibilité



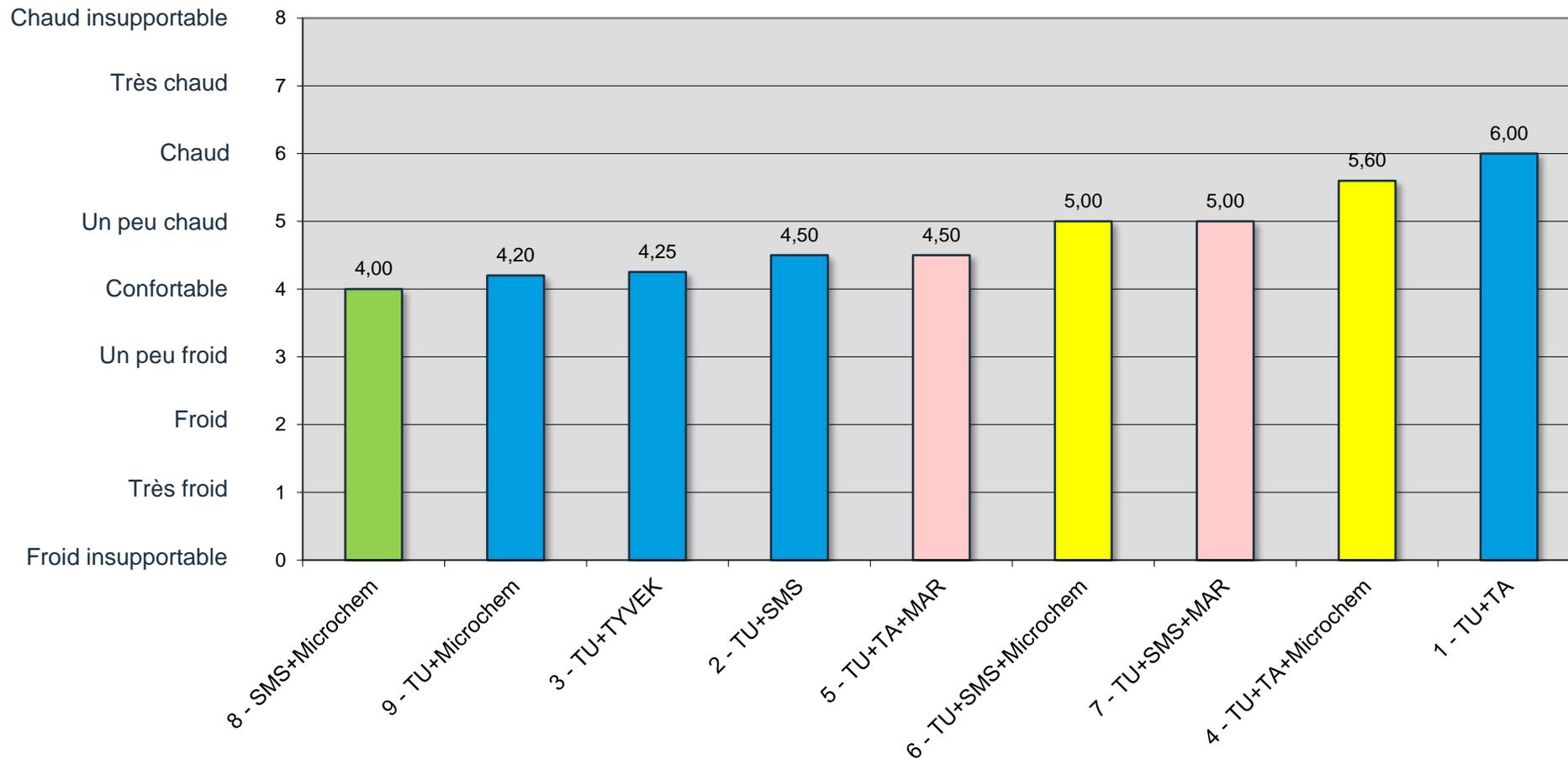
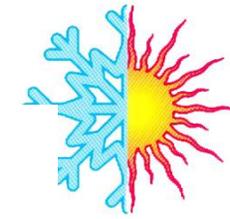
● Pertes hydriques



**Gain très important du SMS
en couche intermédiaire**

-  Tenues 2 couches
-  Tenues étanches avec sous tenues
-  Tenues ventilées

Confort thermique perçu



Influence de l'isolement thermique de la TA

- Tenues 2 couches
- Tenues étanches avec sous tenues
- Tenues ventilées

Evaluation subjective



Impression globale

"C'est une tenue très peu confortable."

"C'est une tenue qui m'inspire tout à fait confiance."

CONFORT

CONFIANCE

"C'est une tenue très confortable."

"C'est une tenue qui ne m'inspire pas du tout confiance."

| | |
|--------------------------------------|------------|
| CONFORT | /10 |
| CONFIANCE | /10 |
| Moyenne 1 (confort/confiance) | /10 |

Impression construite

| CRITERE | Evaluation | Score brut | Coeff. | Score pondéré |
|------------------------|------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Air | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Chaleur ^(*) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 3 | /30 |
| Communication | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Coupe | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Déshabillage | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Efficacité | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 3 | /30 |
| Esthétique | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Etanchéité | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 1 | /10 |
| Habillage | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Interventions | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Protection | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 1 | /10 |
| Sécurité | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 2 | /20 |
| Solidité | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 3 | /30 |
| Stress ^(*) | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Sueur | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Taille | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| Temps | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Travail | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 5 | /50 |
| Visibilité | 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 | /10 | x 4 | /40 |
| CONFORT | | /130 | | /560 |
| CONFIANCE | | /60 | | /150 |
| TOTAL | | /190 | | /710 |
| | | /10 | Moy. 2 | /10 |

Note finale

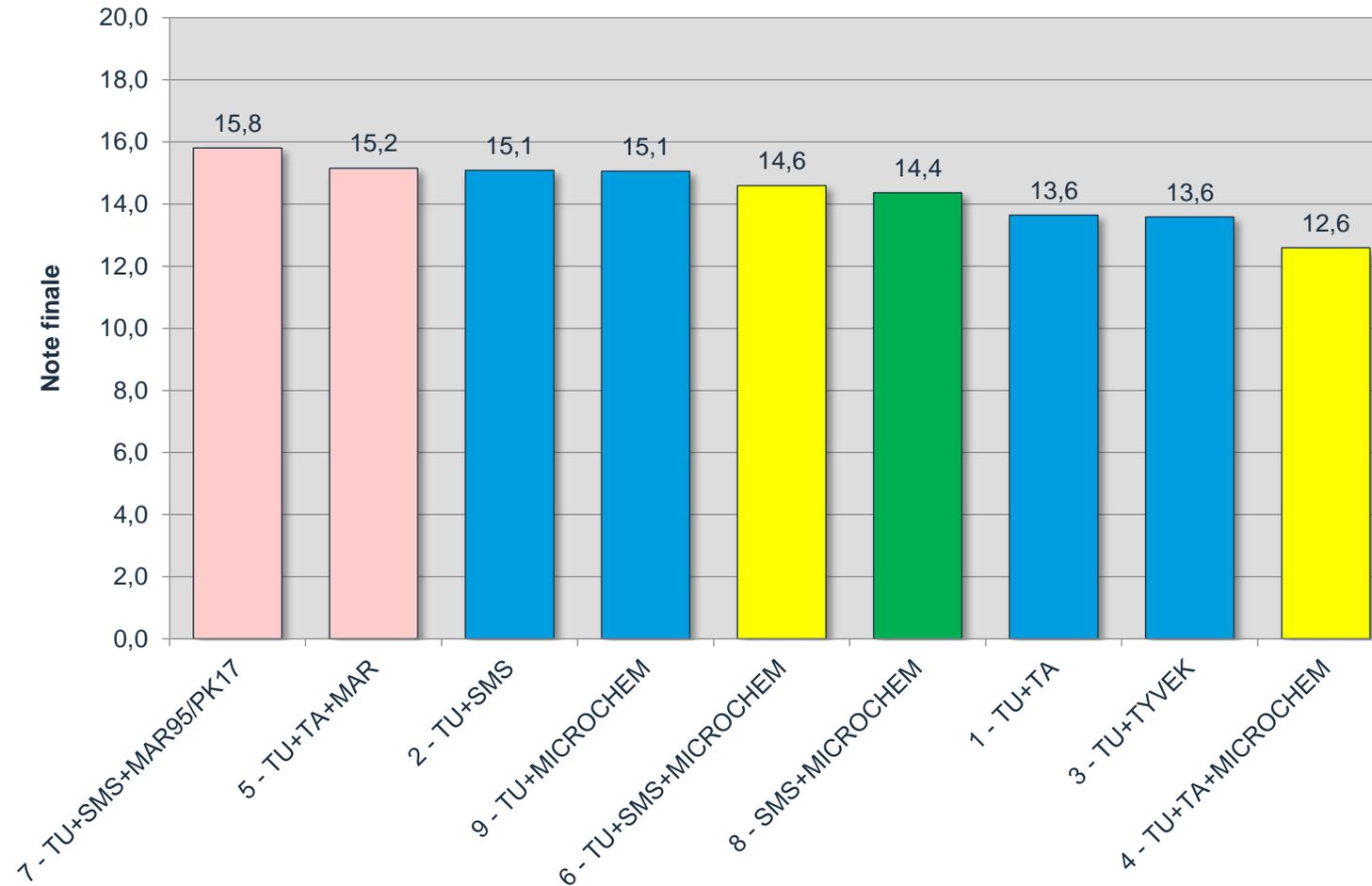
| | |
|---|------------|
| NOTE D'EVALUATION SUBJECTIVE DE LA TENUE (Moy 1 + Moy 2) | /20 |
|---|------------|

Evaluation subjective



| | | Impression globale /10 | | | Impression construite /10 | | | Note /20 | Progression avant/après | |
|--------|-----------------------|------------------------|-----------|---------|---------------------------|-----------|---------|----------|-------------------------|---|
| | | Confort | Confiance | Moyenne | Confort | Confiance | Moyenne | | | |
| TENUES | 1 - TU+TA | Avis à priori | 5,6 | 8,6 | 7,1 | 6,3 | 7,4 | 6,5 | 13,6 | → |
| | | Avis après essai | 5,2 | 8,6 | 6,9 | 6,4 | 7,4 | 6,6 | 13,5 | |
| | 2 - TU+SMS | Avis à priori | 8,9 | 6,9 | 7,9 | 7,2 | 7,1 | 7,2 | 15,1 | ↗ |
| | | Avis après essai | 9,1 | 9,0 | 9,1 | 8,5 | 8,4 | 8,5 | 17,6 | |
| | 3 - TU+TYVEK | Avis à priori | 6,8 | 6,6 | 6,7 | 6,8 | 7,2 | 6,9 | 13,6 | ↗ |
| | | Avis après essai | 9,0 | 9,2 | 9,1 | 7,7 | 8,4 | 7,8 | 16,9 | |
| | 4 - TU+TA+MICROCHEM | Avis à priori | 5,2 | 7,4 | 6,3 | 6,0 | 7,5 | 6,3 | 12,6 | ↗ |
| | | Avis après essai | 7,2 | 9,0 | 8,1 | 6,6 | 8,5 | 7,0 | 15,1 | |
| | 5 - TU+TA+MAR | Avis à priori | 6,7 | 9,0 | 7,8 | 7,0 | 8,7 | 7,3 | 15,2 | ↘ |
| | | Avis après essai | 5,5 | 9,5 | 7,5 | 6,4 | 8,3 | 6,8 | 14,3 | |
| | 6 - TU+SMS+MICROCHEM | Avis à priori | 6,8 | 9,0 | 7,9 | 6,5 | 7,4 | 6,7 | 14,6 | ↗ |
| | | Avis après essai | 8,0 | 8,7 | 8,3 | 7,1 | 8,8 | 7,4 | 15,8 | |
| | 7 - TU+SMS+MAR95/PK17 | Avis à priori | 8,0 | 8,8 | 8,4 | 7,1 | 8,6 | 7,4 | 15,8 | ↗ |
| | | Avis après essai | 9,4 | 8,4 | 8,9 | 7,6 | 8,7 | 7,8 | 16,7 | |
| | 8 - SMS+MICROCHEM | Avis à priori | 6,6 | 8,2 | 7,4 | 6,7 | 8,0 | 7,0 | 14,4 | ↗ |
| | | Avis après essai | 8,6 | 9,4 | 9,0 | 7,0 | 8,5 | 7,3 | 16,3 | |
| | 9 - TU+MICROCHEM | Avis à priori | 6,4 | 9,0 | 7,7 | 7,1 | 8,2 | 7,4 | 15,1 | ↗ |
| | | Avis après essai | 8,8 | 9,3 | 9,0 | 7,6 | 8,9 | 7,9 | 16,9 | |

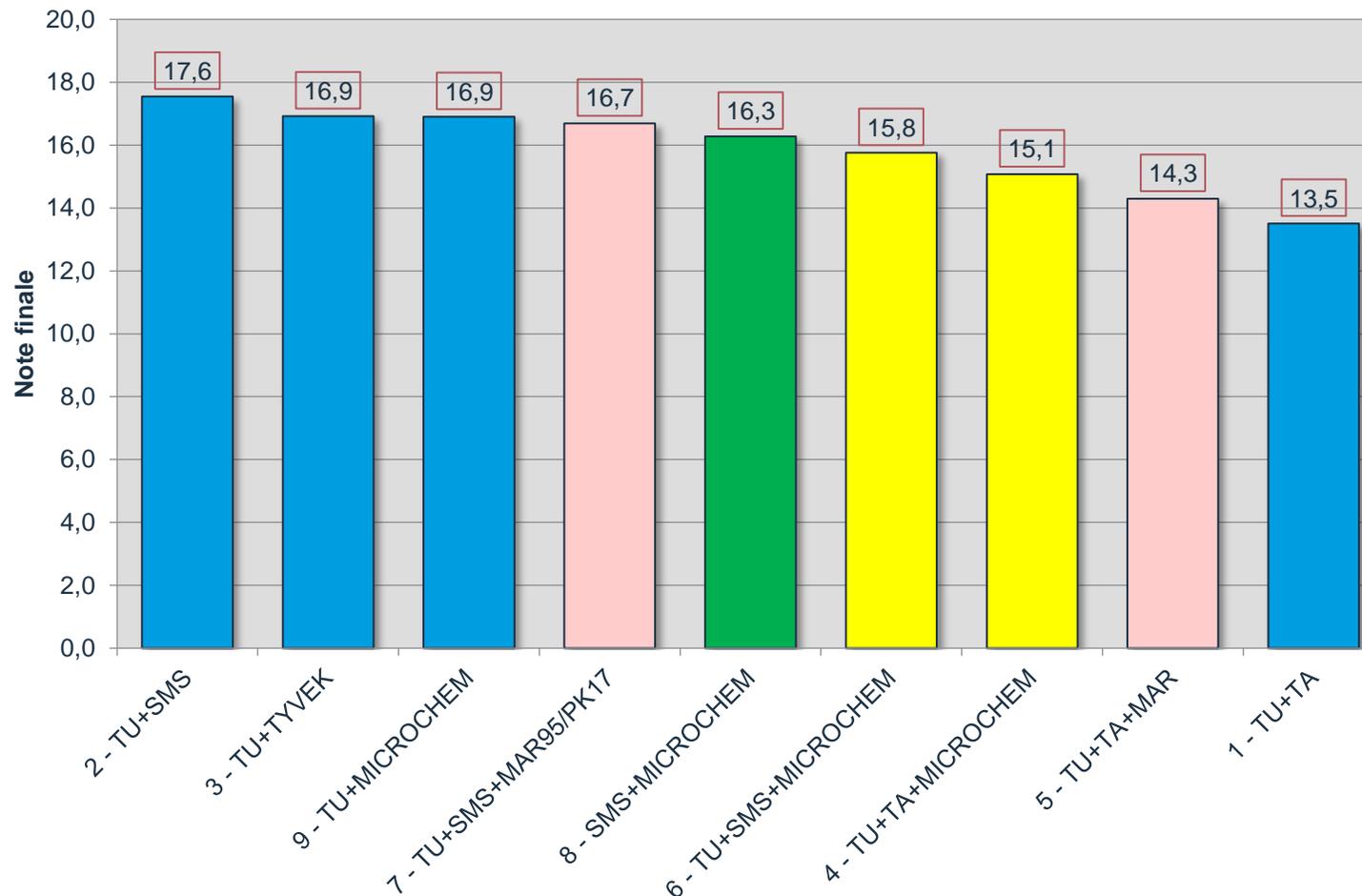
Evaluation subjective à priori



Les tenues ventilées bénéficient d'un à priori favorable

- Tenues 2 couches
- Tenues étanches avec sous tenues
- Tenues ventilées

Evaluation subjective après épreuve



Les avis changent favorablement après essais

-  Tenues 2 couches
-  Tenues étanches avec sous tenues
-  Tenues ventilées

● Conclusions

La combinaison **SMS** portée en sous tenue à la place de la TA **réduit significativement la pénibilité** du port des tenues étanches.

La combinaison **SMS** **améliore le confort** des porteurs par rapport à la tenue active et aux autres tenues étanches non ventilées.

La combinaison **SMS** est **très bien acceptée** par les porteurs.



Proposition*

Durées Limites de Port des tenues SMS

DLP SMS = DLP TA
quelque soit l'association de tenues

Pas de bouleversement
des références actuelles

Bénéfice
aux porteurs
dont le confort
est amélioré



* Proposition empirique; pour la détermination exacte des seuils limites de tolérance physiologique, des épreuves expérimentales de laboratoire en caisson thermique seraient nécessaires.