

Centre Français du Littoral

Contrat THIRODE-CFL

Rapport scientifique final

DECONGELATION DU POISSON  
DANS UNE ENCEINTE  
A AIR CHAUD PULSE (THIRODE)

par

L. HAN-CHING, P. BECEL et J. CORNET

Travaux effectués  
dans les laboratoires "Froid"  
INSTITUT SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE  
des PECHEES MARITIMES

Septembre 1979

## R E S U M E

Le laboratoire a testé le prototype de décongélation Thirode utilisant l'air chaud pulsé humidifié, afin d'évaluer les performances thermiques et l'incidence sur la qualité du poisson.

Les essais réalisés nous ont permis de traiter les produits de petite taille et les plaques congelées dans des temps très satisfaisants sans nuire à la qualité du poisson (ambiance humide à +20°C et grande vitesse de ventilation).

En outre, nous avons constaté que la prolifération bactérienne est généralement nulle et ne s'observe que pour la décongélation des gros thons.

I- CONDITIONS D'ESSAIS

1. Matières premières

Sardine

Trois lots de sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum) ont été utilisés :

- deux lots ont servi aux mesures de température :

\* le premier, pêché en Méditerranée a été congelé à -40 °C au laboratoire, en plaques de 65 mm d'épaisseur puis entreposé à -20 °C pendant 4 à 5 mois. La taille des poissons variait de 20 à 30 au kilogramme.

\* le second, dont le lieu de pêche nous est inconnu, est parvenu à l'état congelé individuellement et emballé par sacs de 10 kg. La taille des poissons variait de 9 à 11 au kilogramme (sardine célan). Il a fallu les décongeler pour constituer des plaques de 65 mm et 100 mm, congelées à -40 °C et entreposées à -20 °C.

- un lot a servi aux mesures de bactériologie. Il s'agissait de petites sardines (30 à 35 au kilogramme) pêchées en Atlantique, congelées en plaques de 65 mm d'épaisseur à -40 °C, entreposées de 1 à 10 semaines à -20 °C. L'état de fraîcheur du lot était homogène.

Thon

Trois lots de thons de taille différente (3,700 kg, 20 kg et 40 kg environ) ont été utilisés :

- lot A : thons de petite taille

\* Albacore (*Neothunnus albacora* Lowe)

\* poids moyen : 3,700 kg

\* congelé à bord après éviscération

\* durée et température d'entreposage : 2 mois à -20 °C

- lot B : thons de taille moyenne

\* Albacore

\* poids moyen : 20 kg

\* congelé à bord après éviscération

\* durée et température d'entreposage : 2 mois à -20 °C

- lot C : thons de grosse taille

\* Albacore

\* poids moyen : 40 kg

\* congelé à bord après éviscération

\* entreposage à -20 °C

2. Décongélation

a) Appareil

Il s'agit d'une enceinte de 2 m<sup>3</sup>, équipée d'un système chaud-froid-humidité avec circulation d'air recyclé réglable.

b) Dans un premier temps, nous nous sommes efforcés de faire varier les différents paramètres de fonctionnement de l'enceinte mise à notre disposition :

- vitesse d'air : grande ou faible
- humidité relative : 100% ou absence
- température : 12 °C ou 20 °C

Après plusieurs essais la combinaison suivante a été retenue :

- vitesse de l'air : grande (2 m/s)
- humidité relative : 100%
- température : 20 °C

pour les plaques de sardines ainsi que pour les thons.

Pour l'étude des performances thermiques, lors des premiers essais, nous avons rempli l'enceinte avec des plaques de gélose congelées, afin de travailler dans des conditions industrielles. Par la suite, les décongelations furent effectuées sur la plaque expérimentale seule, les résultats étant identiques dans les deux conditions.

### 3. Mesures des températures

Plaques de sardines de 65 mm et 100 mm : plusieurs fils de thermocouples cuivre-contantan sont placés à coeur. Pour ce faire, des trous de la profondeur désirée sont percés à l'aide d'un foret de même diamètre que le fil. Après positionnement du thermocouple, une goutte d'eau est introduite afin d'assurer un bon contact.

Thons de petite taille : on opère de la même façon. Les thermocouples doivent être situés au niveau de la partie la plus épaisse du thon, le plus près possible de l'arête centrale.

Thons de grande taille : les fils de thermocouples sont maintenus rigides, grâce à un tube fin et creux en PVC, rempli de gélose, et dans lequel ils sont enfilés.

La durée de décongelation correspond au temps de passage de la température d'entreposage (-20 °C) à la température de 0 °C à coeur.

### 4. Prélèvements bactériologiques

#### Sardine

Sept à huit poissons (afin d'avoir des résultats représentatifs) sont prélevés à la surface des plaques et introduits dans un sac stérile. Ensuite, la prise d'essai (20 à 25 g) s'opère près d'une flamme, dans la partie du muscle postérieur à l'anus de chaque sardine.

La chair est diluée au 1/5 avec une solution de tryptone-sel, puis broyée (Broyeur Waring) durant 1 minute.

Dans le cas du prélèvement à l'état congelé, la plaque est laissée à +4 °C pendant 6 à 8 heures afin de faciliter cette opération.

#### Thon

Le prélèvement s'effectue à l'aide d'un emporte-pièce stérile de 2,4 cm de diamètre, sur une épaisseur de 0,5 cm environ et en trois points

distincts à la surface du thon.

Les échantillons ainsi découpés (3 par prélèvement) sont réunis dans un bol broyeur contenant 60 ml de tryptone-sel stérile, puis broyés pendant 90 secondes.

Pour l'état congelé, il est nécessaire de laisser le thon environ une heure dans le décongélateur en marche, avant de pouvoir découper la chair.

## II- RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 1. Performances thermiques

#### Sardine

Les durées nécessaires pour obtenir une décongélation à coeur des plaques de sardines selon différentes conditions utilisées sont groupées dans le tableau ci-dessous.

Taille (nombre/kg)	Epaisseur des plaques (mm)	Température de Décongélation (°C)	Vitesse de Ventilation	Humidification (%)	Durée (h)
20 à 30	65	12	petite	100	4.45
		12	grande	100	3.25
		12	grande	sans	5.20
		20	grande	100	2.30
9 à 10	65	20	grande	100	3.00
	100	20	grande	100	8.00

TABLEAU I

Pour une même plaque de 65 mm d'épaisseur de petites sardines, la durée de décongélation passe de 2h30 à +20°C à 3h25 à +12°C (pour une grande vitesse de ventilation et une humidité relative de 100%) fig. 1 et 2.

L'augmentation de la vitesse de ventilation dans les conditions utilisées accélère les échanges (fig. 3 et 2).

L'humidification des produits est indispensable car, outre, le mauvais échange entre le fluide ambiant et la masse à décongeler (fig. 2 et 4), le poisson se déshydrate en surface (perte de qualité et perte de poids).

Compte tenu de la qualité des produits et de la vitesse d'échange, les conditions adoptées pour les essais ultérieurs furent les suivants :

- vitesse d'air : grande
- humidité relative : 100%
- température : 20°C

Ainsi pour les sardines de grosse taille, une plaque de 65 mm exige 3 heures de décongélation et une plaque de 100 mm : 8 heures (fig. 5 et 6).

A titre de comparaison, les essais ont été effectués pour les décongélation en air calme à +4°C (fig. 7, 9 et 11) et +20°C (fig. 8, 10 et 12).

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous.

Taille (nombre/kg)	Épaisseur des plaques (mm)	Durée de décongélation à		
		+4°C Air calme (h)	+20°C Air calme (h)	+20°C Air pulsé (h)
20 à 30	65	38.30	15.00	2.15
9 à 11	65	45.45	12.30	3.00
	100	72.00	20.30	8.00

TABLEAU II

Thon

La comparaison des temps de décongélation des petits thons donne lieu aux mêmes interprétations qu'avec les plaques de sardines (Tableau III) pour l'augmentation de température (fig. 2 et 13), l'humidification (fig. 2 et 4) et la vitesse de ventilation (fig. 3 et 2).

Poids (kg)	Epaisseur Maximale (cm)	Température de Décongélation (°C)	Vitesse de Ventilation	Humidification (%)	Durée (h)
3,700	9	12	petite	100	8.08
		12	grande	100	7.00
		12	grande	sans	9.10
		20	grande	100	5.06
21	18	20	grande	100	17.30
51	28	20	grande	100	33.30

TABLEAU III

Les différents résultats nous ont permis de tracer une courbe de durée de décongélation en fonction du poids de thons (fig. 16).

La durée de l'opération s'accroît considérablement avec la taille des poissons; ainsi, dans le cas d'un gros thon, même si la température utilisée dans l'enceinte est augmentée (+20°C à +30°C) dans les deux premières heures, la vitesse de décongélation n'est améliorée de façon significative que pour les couches superficielles (fig. 15 et 17).

## 2. Résultats bactériologiques

### Sardine

On ne constate pas de développement des bactéries aérobies au cours des décongélation des plaques de sardines à +12°C et à +20°C comme le montre le tableau IV; ce qui s'explique par les durées d'exposition très courtes, respectivement : 3h25 et 2h30.

	+12°C	+20°C
Etat congelé	5,178 ± 0,463	5,845 ± 0,402
Etat décongelé	4,965 ± 0,189	5,388 ± 0,131

TABLEAU IV

A titre complémentaire, l'évolution bactérienne a été suivie à l'issue de la décongélation à l'air pulsé à +20°C en laissant des plaques de sardines en air calme à la même température : la durée de la phase de latence (fig. 18) des bactéries est alors de 9 à 10 heures.

Précisons que dans le cas de la décongélation en air calme la phase de latence est d'environ 17h à +20°C et 38h à +4°C, soit une durée à peu près équivalente à celle nécessaire à la décongélation (fig. 19 et 20).

Ainsi, en utilisant l'air pulsé à +20°C, la diminution de la durée de l'opération (2h30 au lieu de 15h pour l'air calme à +20°C) influe peu sur celle de la phase de latence, qui demeure relativement longue. On obtient alors une "marge de sécurité bactériologique" appréciable de l'ordre de 6 à 7 heures.

En outre, si à l'issue de la décongélation à +20°C à l'air pulsé, les plaques de sardines sont laissées à +3°C, la durée de latence peut être multipliée par trois, ce qui augmente d'autant "la marge de sécurité".

### Thon

Les résultats bactériologiques des prélèvements effectués sur les poissons de 3,700 kg et 40 kg (fig. 21) font apparaître que la dispersion des données est importante comme on pouvait s'y attendre et influe en grande partie sur la signification des résultats.

Pour les thons de petite taille, compte tenu des variances des résultats, aucune différence n'est observable entre les contaminations des états congelé et décongelé. On peut estimer qu'il y a peu de risque de multiplication microbienne, le temps d'exposition à +20°C étant de 5 heures.

Pour les thons de plus grosse taille, où le lot était relativement homogène, la différence entre l'état congelé et l'état décongelé à +20°C en air pulsé est nette.

La décongélation en air pulsé dans ces conditions (28 à 30 heures à +20°C avec 100% d'humidité relative) entraîne une prolifération bactérienne indésirable.



## C O N C L U S I O N

Il apparaît que le système de décongélation utilisant l'air pulsé peut traiter des produits congelés dans des temps très satisfaisants.

Parmi les différentes combinaisons étudiées au niveau des échanges thermiques, celle associant une température de +20°C, une grande vitesse de ventilation ainsi qu'une humidité relative de 100%, nous a paru convenable sans nuire à la qualité des produits marins décongelés.

Du fait de l'existence d'un temps de latence relativement long à +20°C, l'emploi de l'air pulsé contribue à maintenir la qualité bactériologique initiale du produit, lors de la décongélation du poisson de petite taille ou congelé en plaques.

En revanche, cette méthode n'apporte pas de solution sur le plan hygiénique à la décongélation de gros thons.

ANNEXES

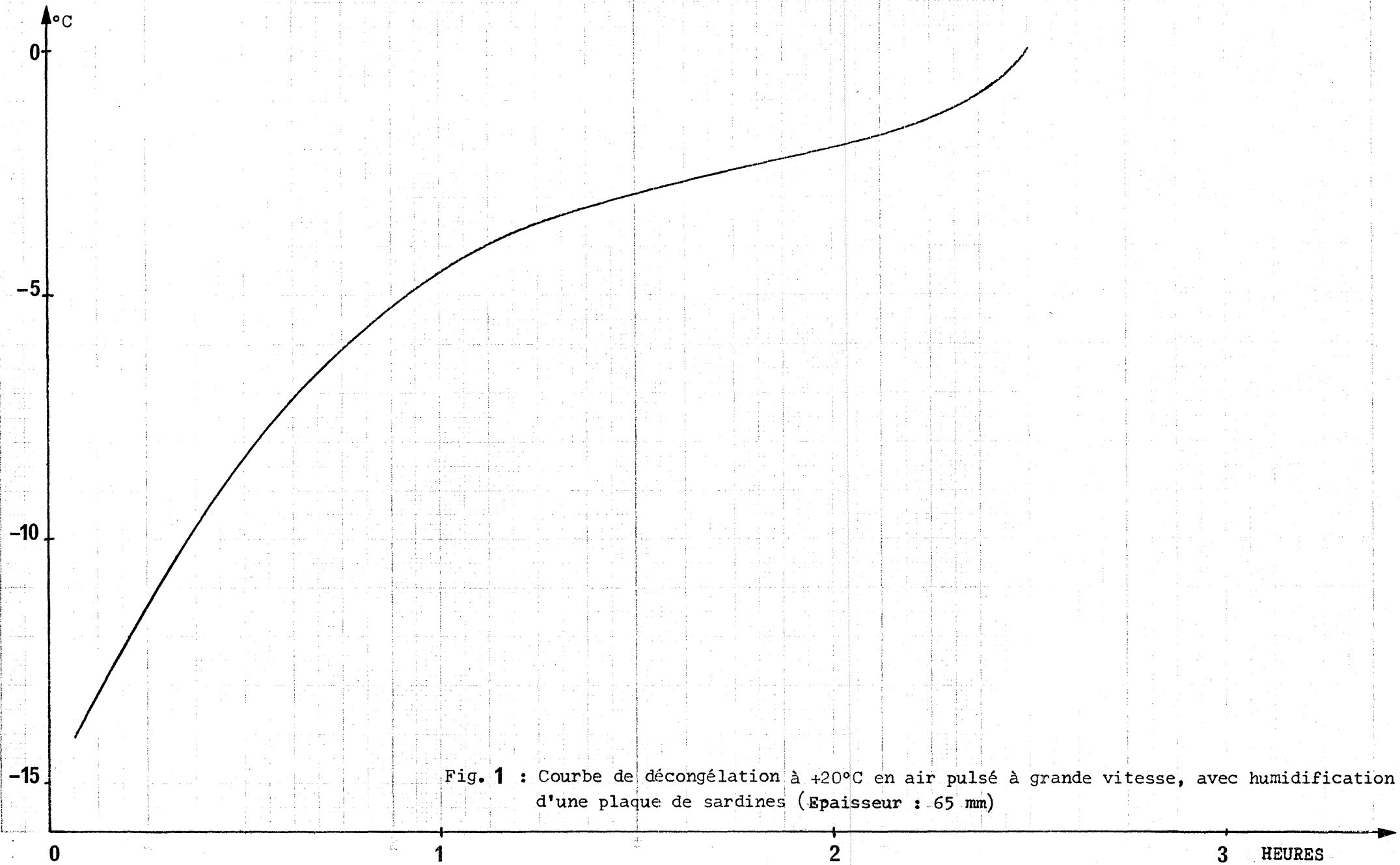


Fig. 1 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'une plaque de sardines (Epaisseur : 65 mm)

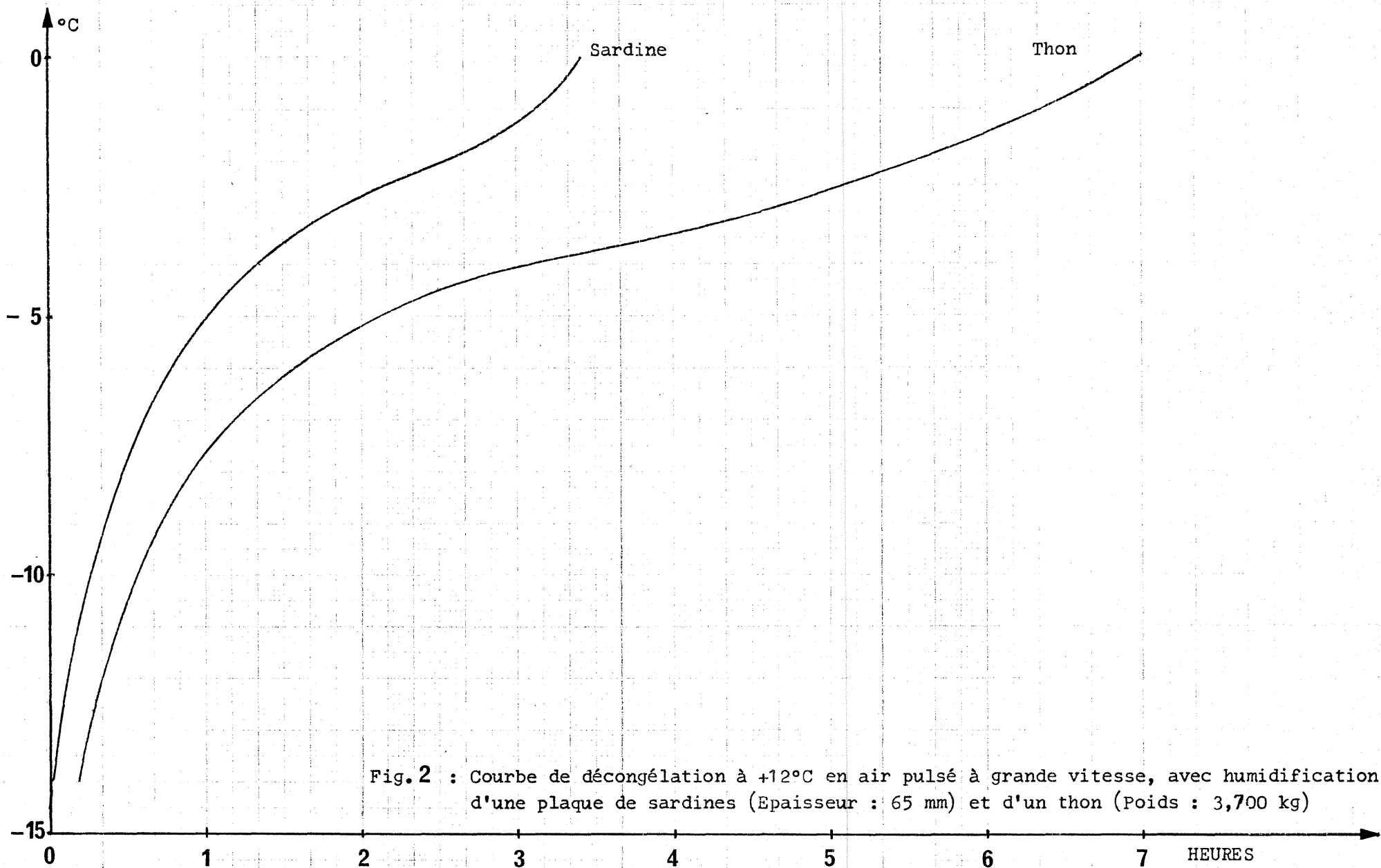


Fig. 2 : Courbe de décongélation à +12°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'une plaque de sardines (Epaisseur : 65 mm) et d'un thon (Poids : 3,700 kg)

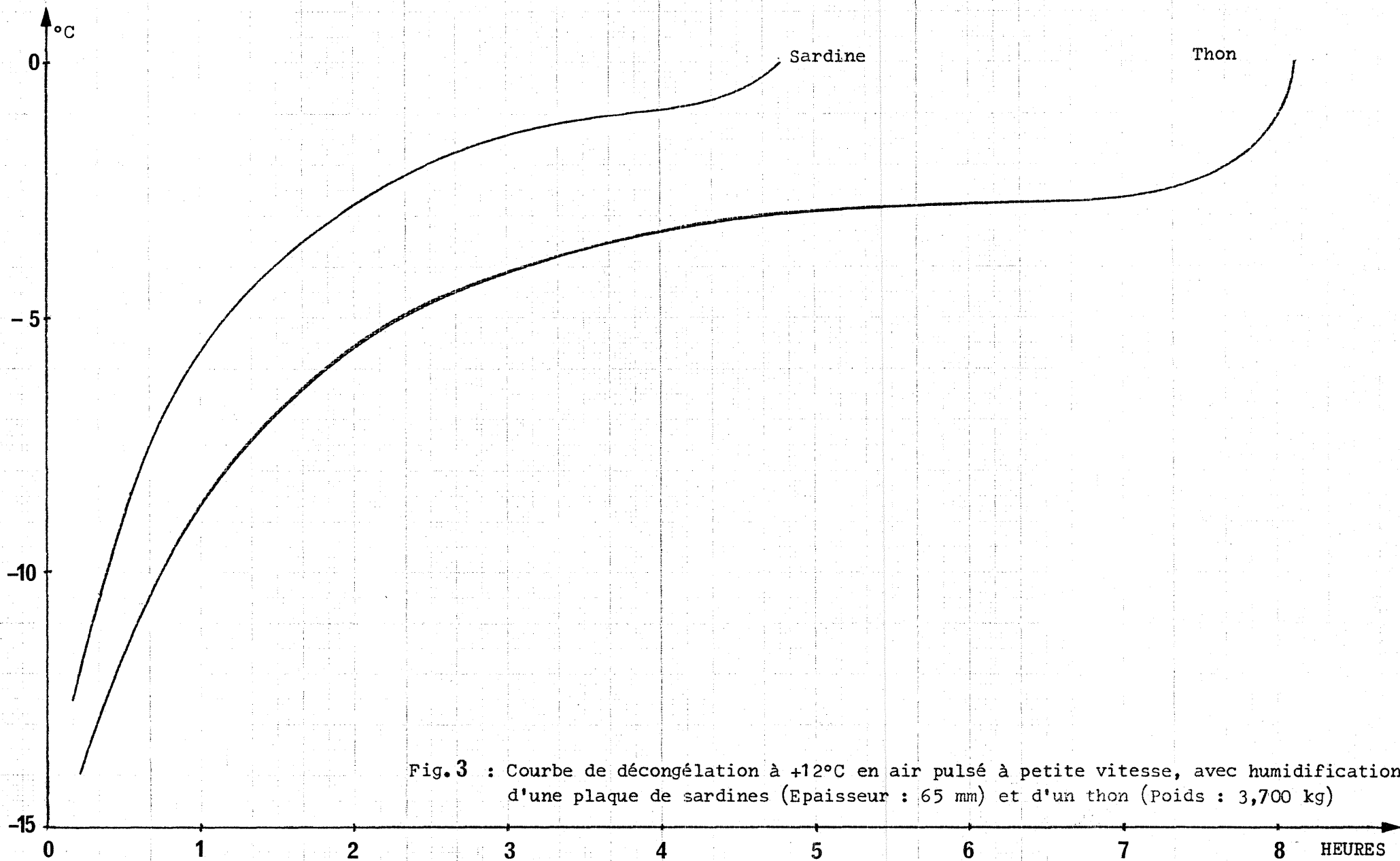


Fig. 3 : Courbe de décongélation à +12°C en air pulsé à petite vitesse, avec humidification d'une plaque de sardines (Epaisseur : 65 mm) et d'un thon (Poids : 3,700 kg)

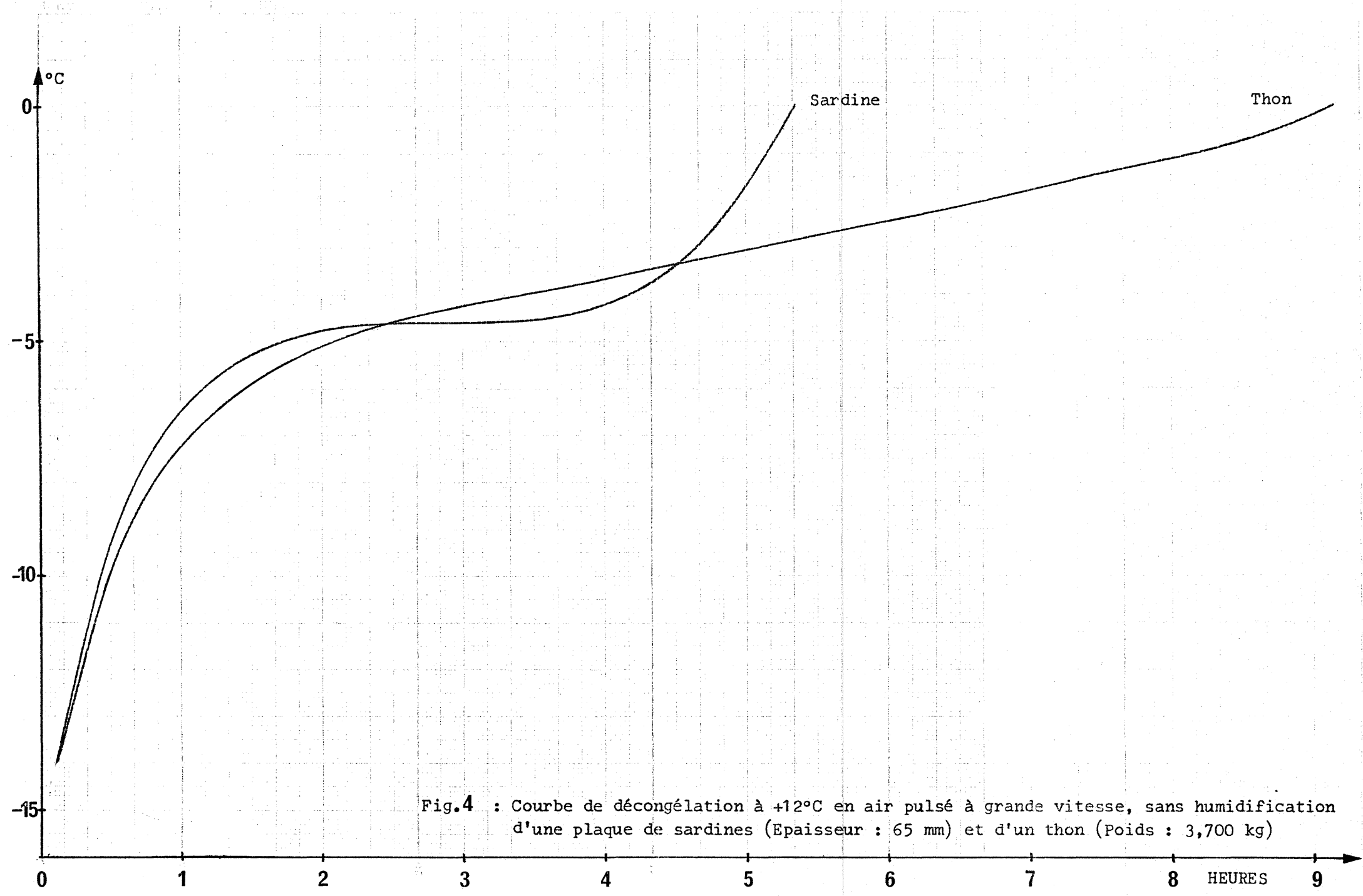


Fig.4 : Courbe de décongélation à +12°C en air pulsé à grande vitesse, sans humidification d'une plaque de sardines (Epaisseur : 65 mm) et d'un thon (Poids : 3,700 kg)

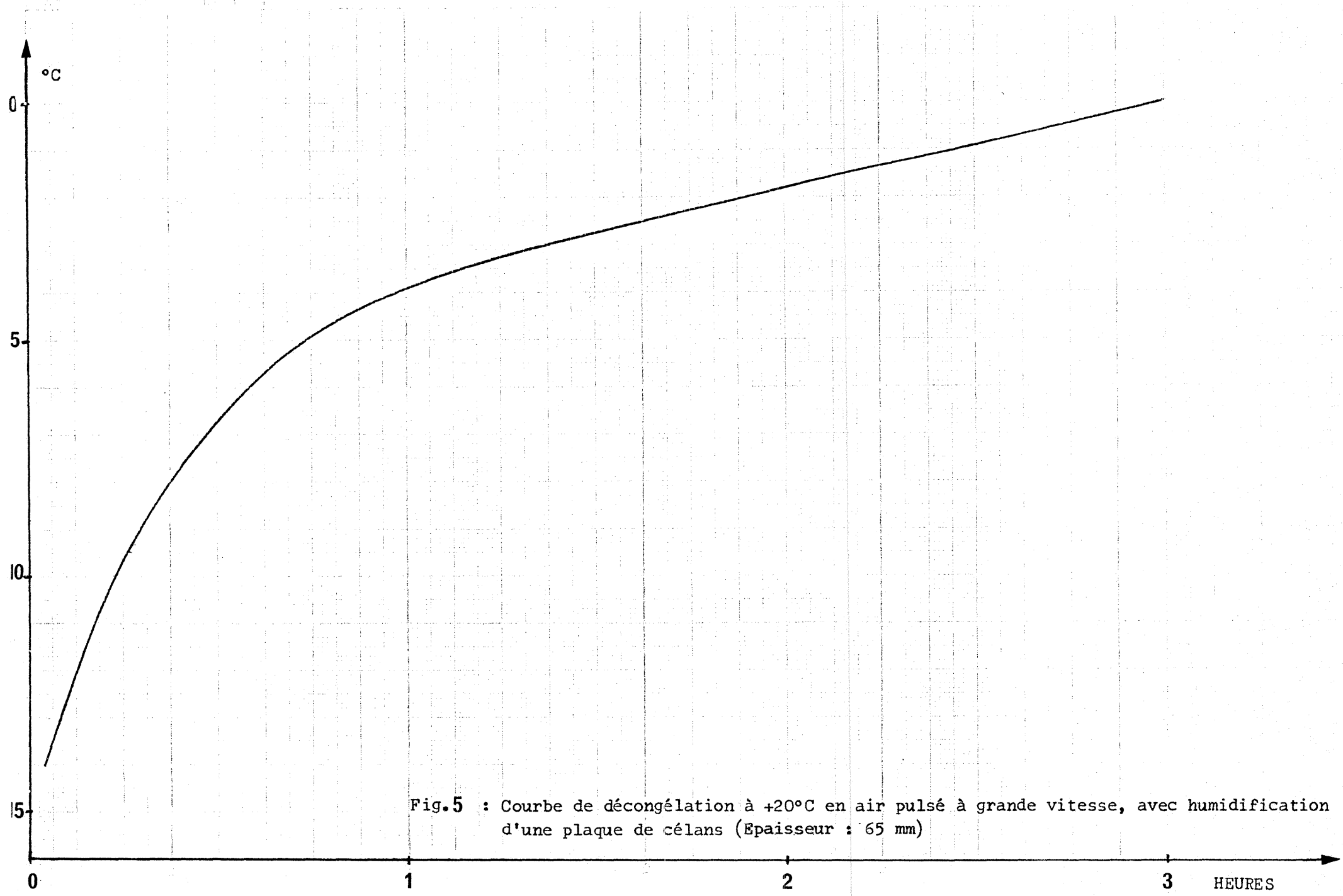


Fig.5 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'une plaque de célaans (Epaisseur : 65 mm)

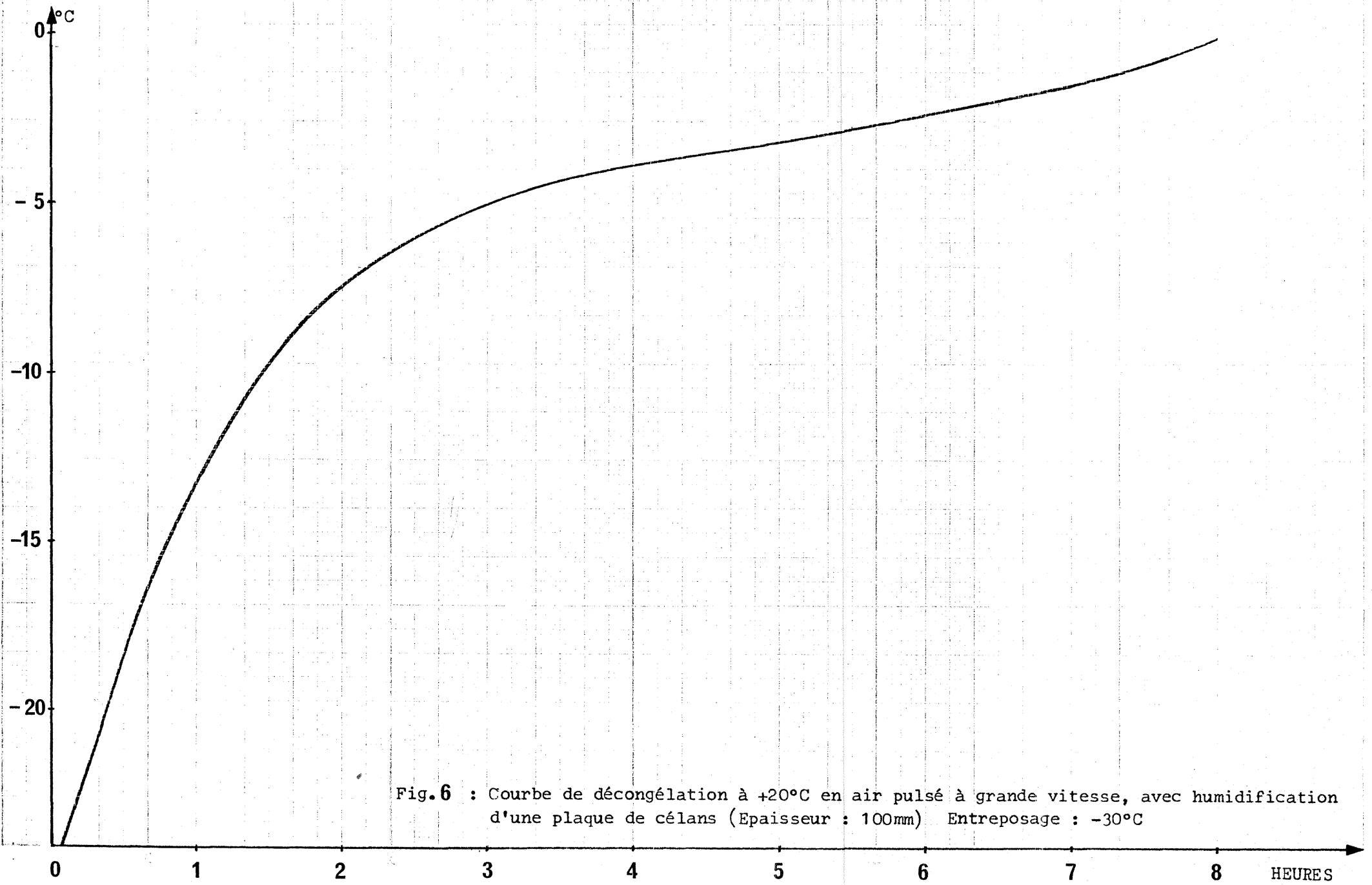


Fig.6 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'une plaque de célang (Epaisseur : 100mm) Entreposage : -30°C



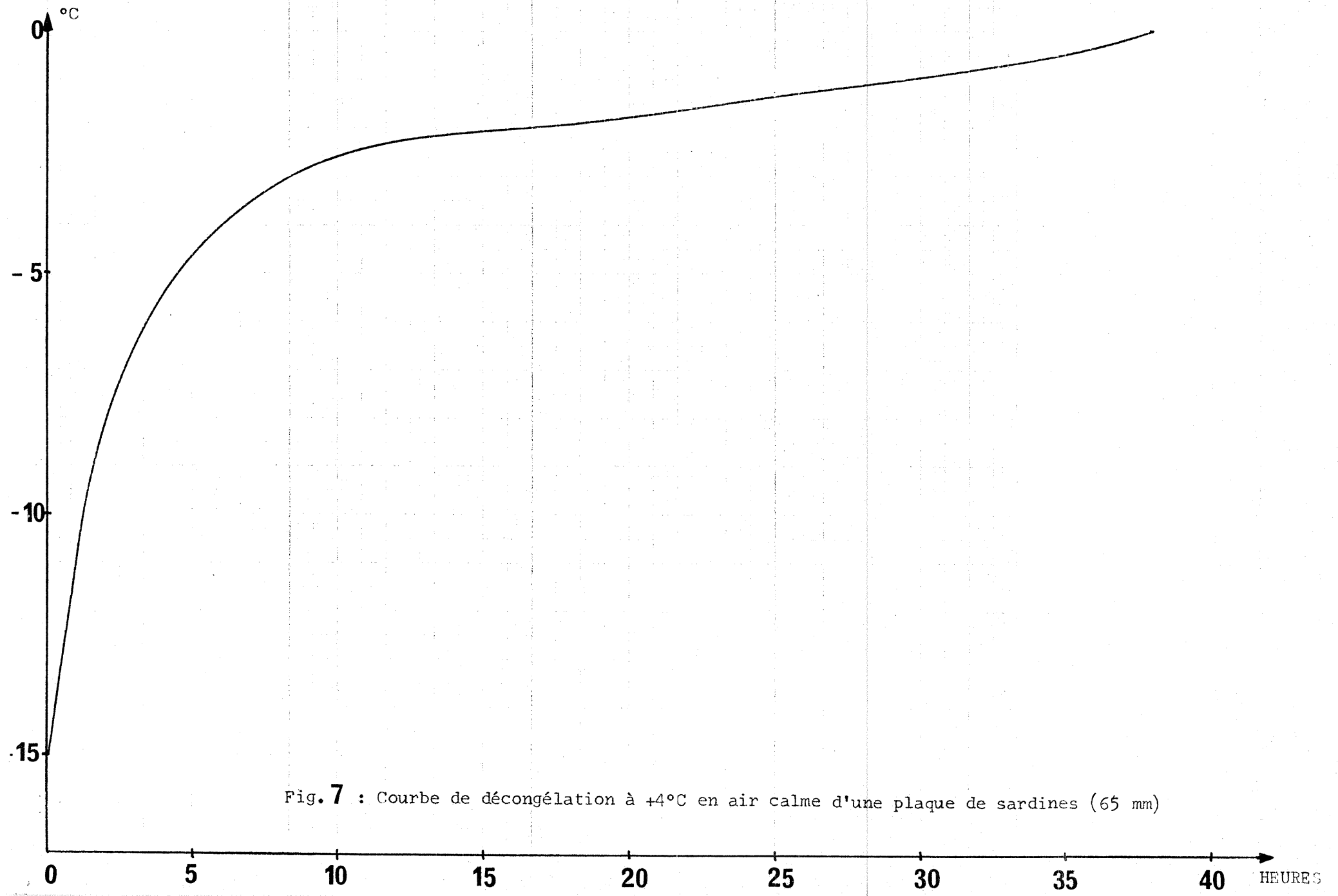


Fig. 7 : Courbe de décongélation à +4°C en air calme d'une plaque de sardines (65 mm)

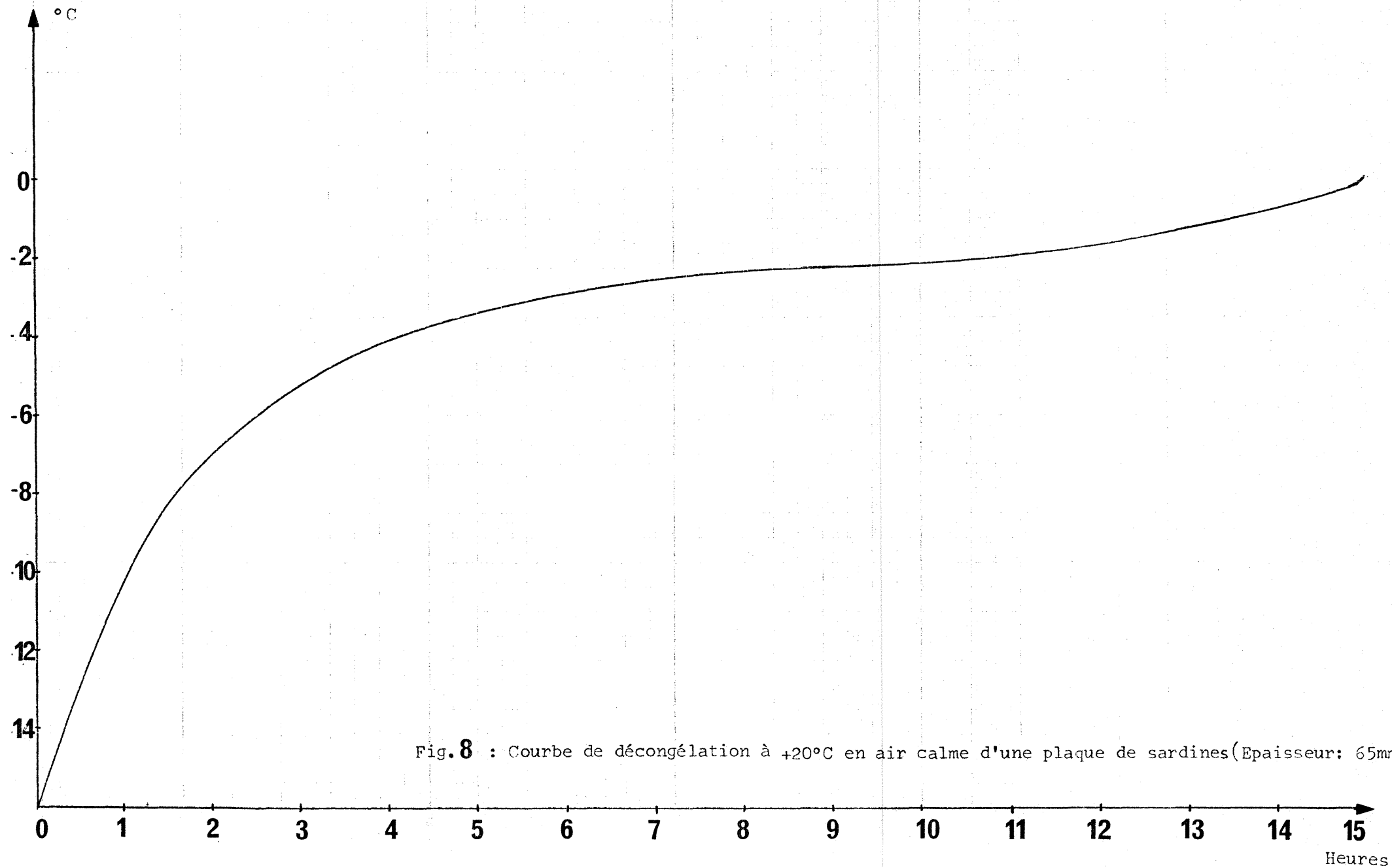


Fig. 8 : Courbe de décongélation à +20°C en air calme d'une plaque de sardines (Epaisseur: 65mm)

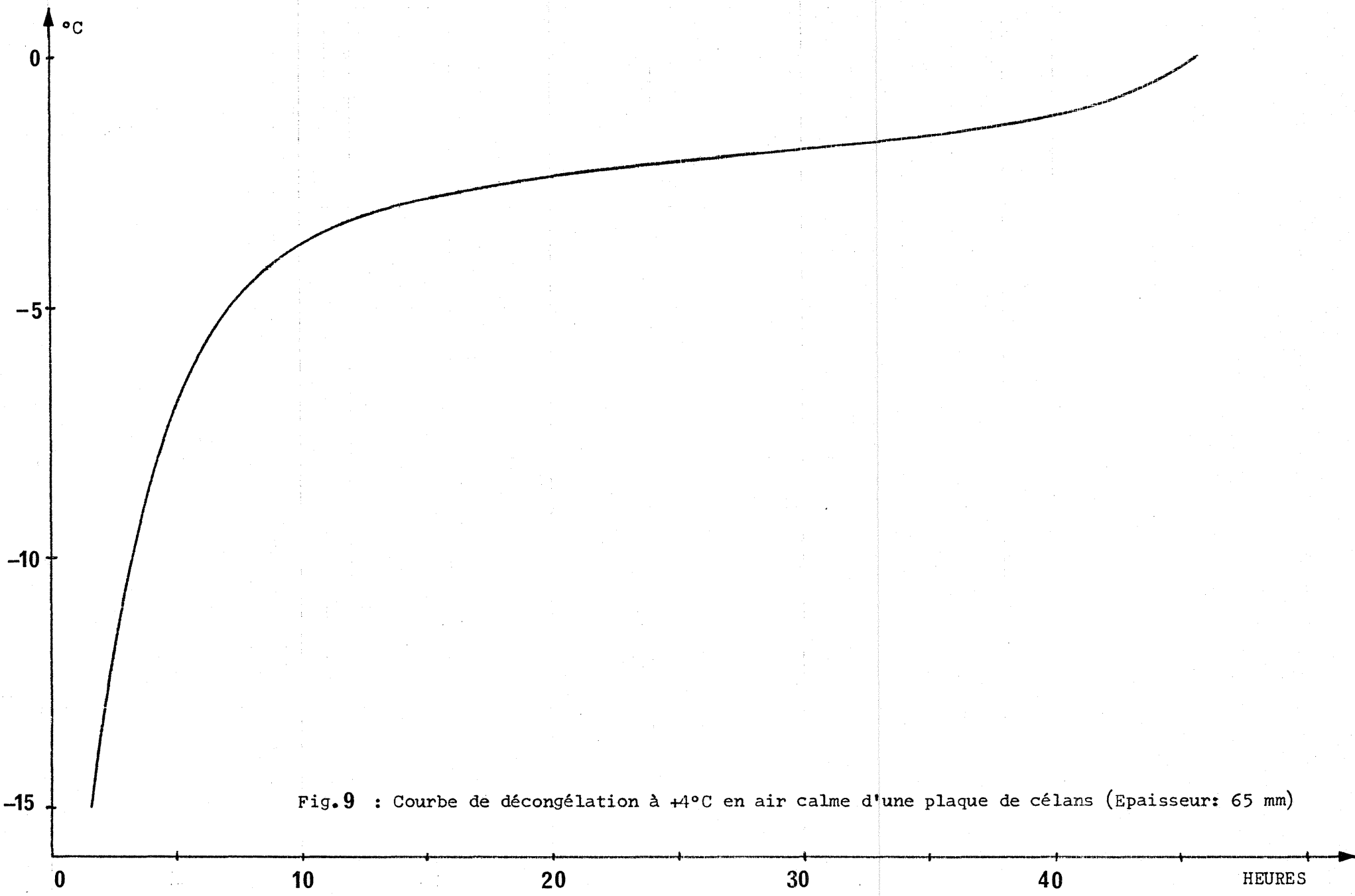


Fig. 9 : Courbe de décongélation à +4°C en air calme d'une plaque de célang (Epaisseur: 65 mm)

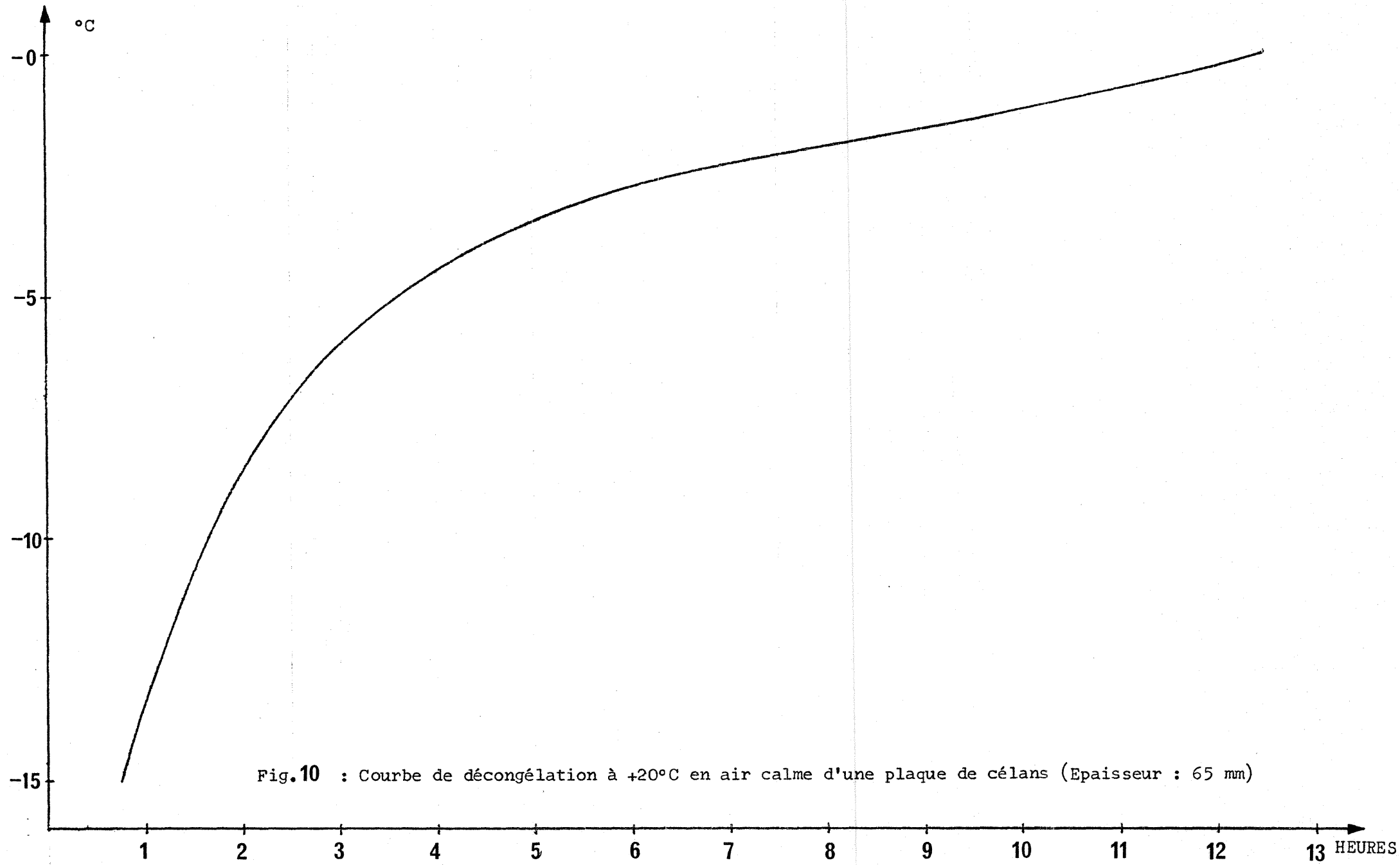


Fig.10 : Courbe de décongélation à +20°C en air calme d'une plaque de célang (Epaisseur : 65 mm)

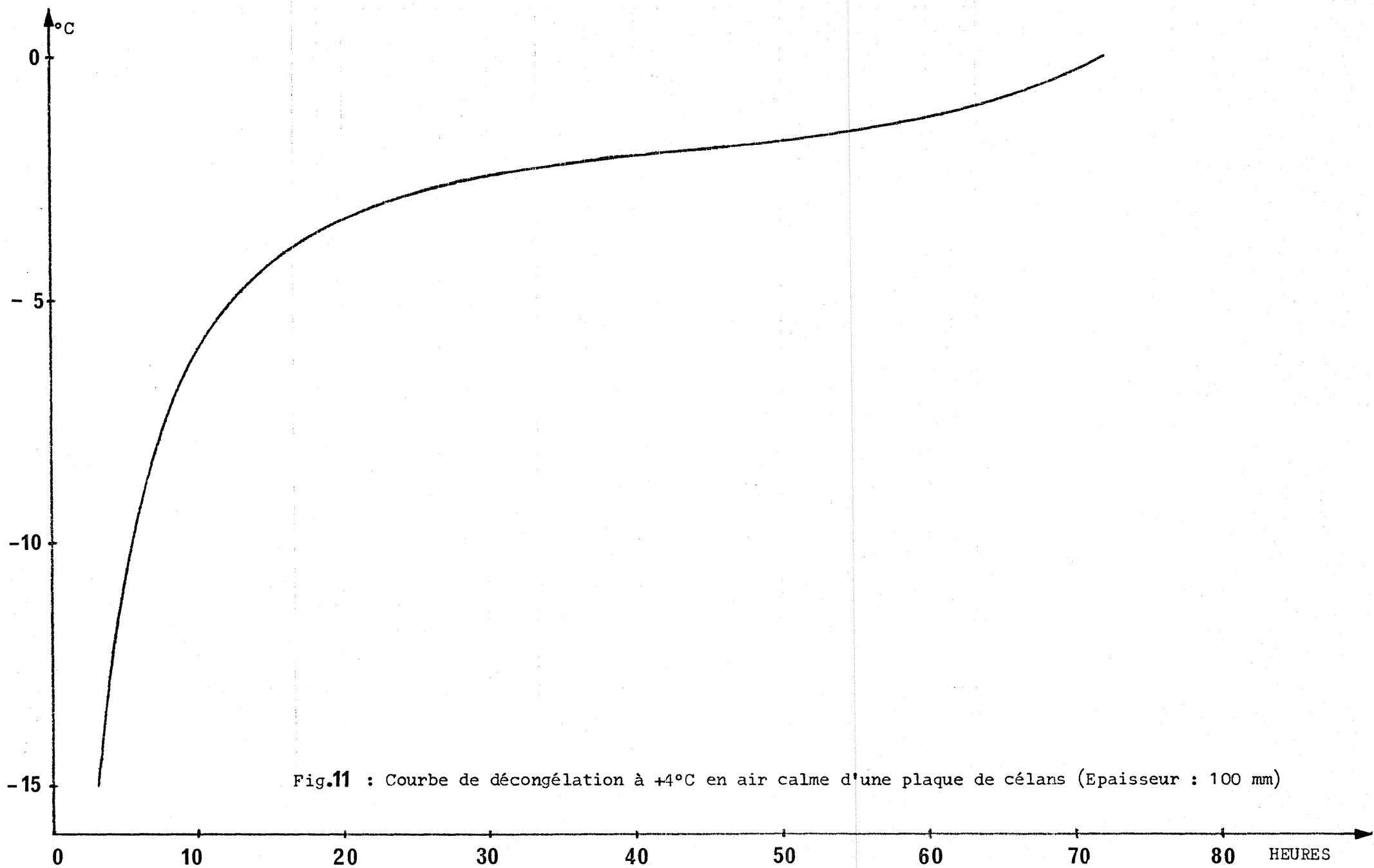


Fig.11 : Courbe de décongélation à +4°C en air calme d'une plaque de célang (Epaisseur : 100 mm)

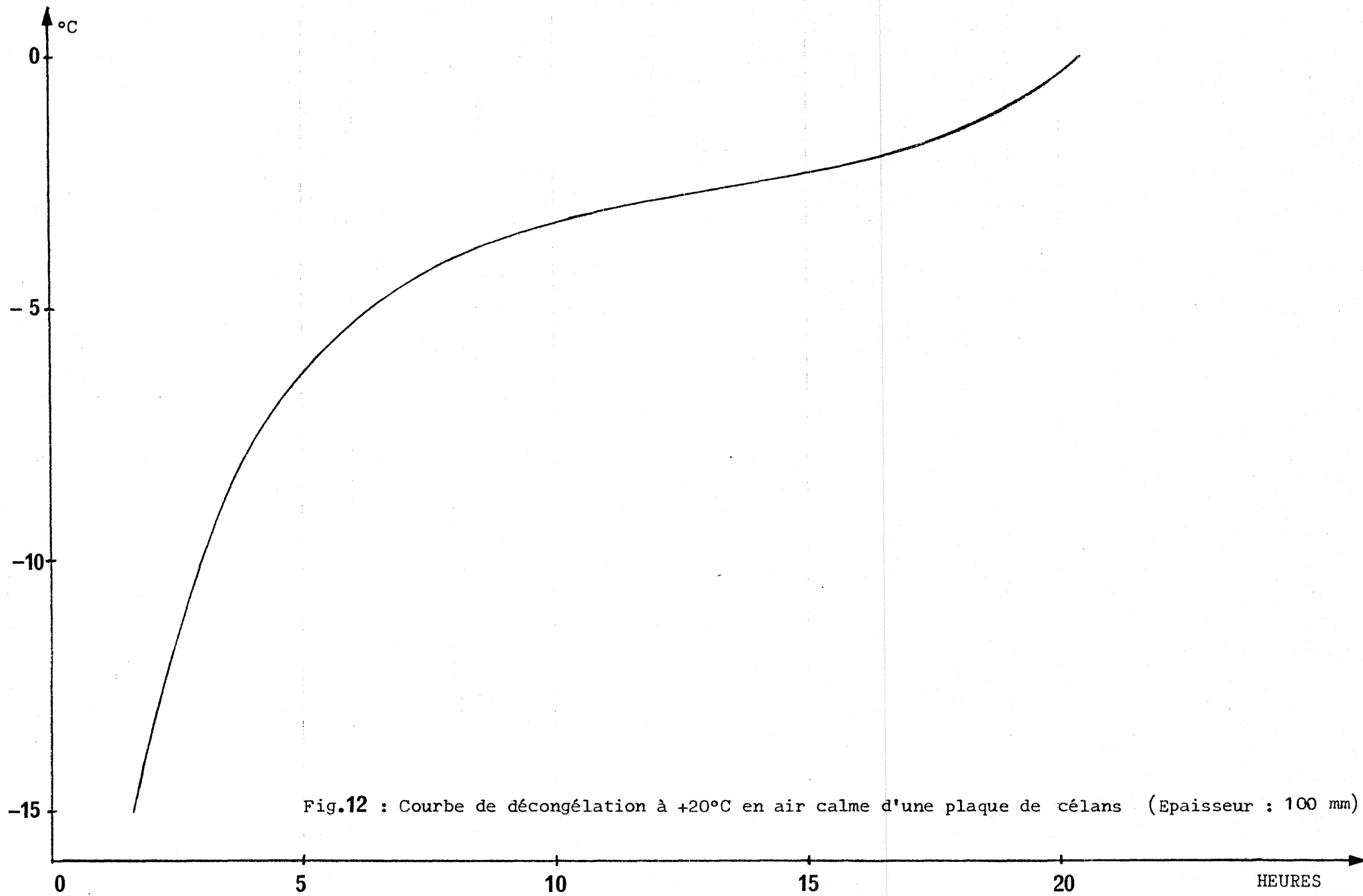


Fig.12 : Courbe de décongélation à +20°C en air calme d'une plaque de célang (Epaisseur : 100 mm)

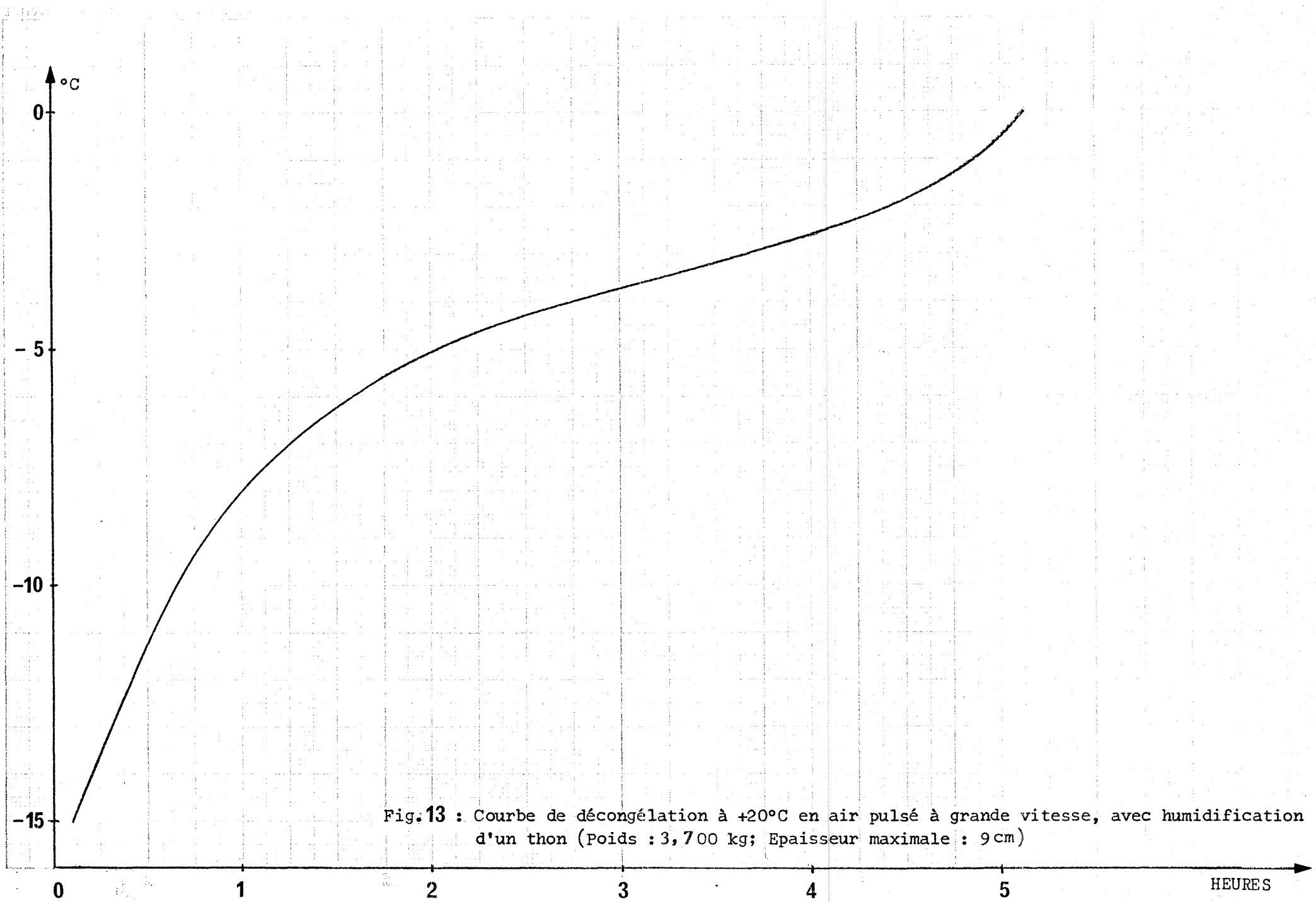


Fig.13 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'un thon (Poids : 3,700 kg; Epaisseur maximale : 9 cm)

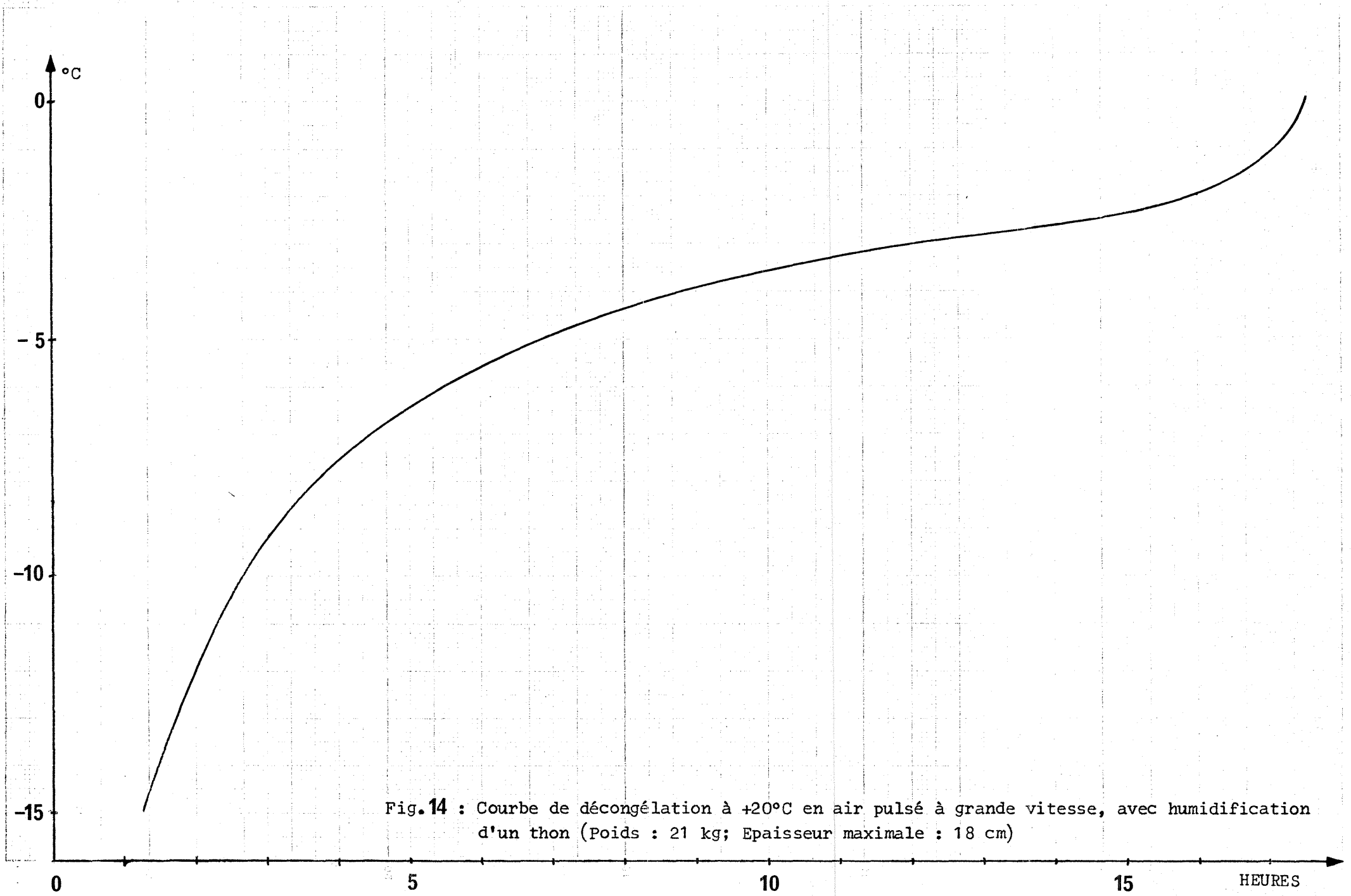


Fig.14 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'un thon (Poids : 21 kg; Epaisseur maximale : 18 cm)



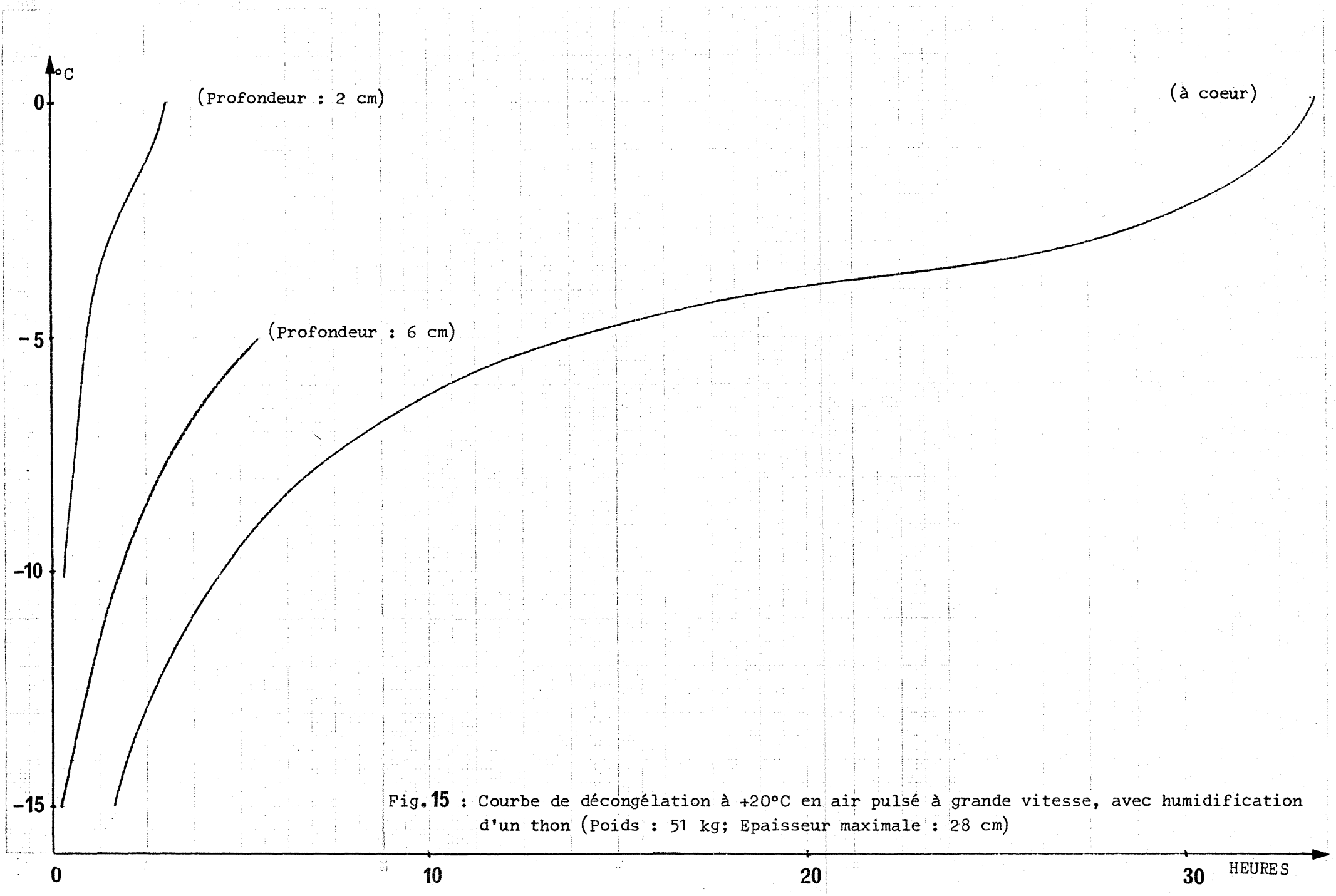


Fig. 15 : Courbe de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse, avec humidification d'un thon (Poids : 51 kg; Epaisseur maximale : 28 cm)

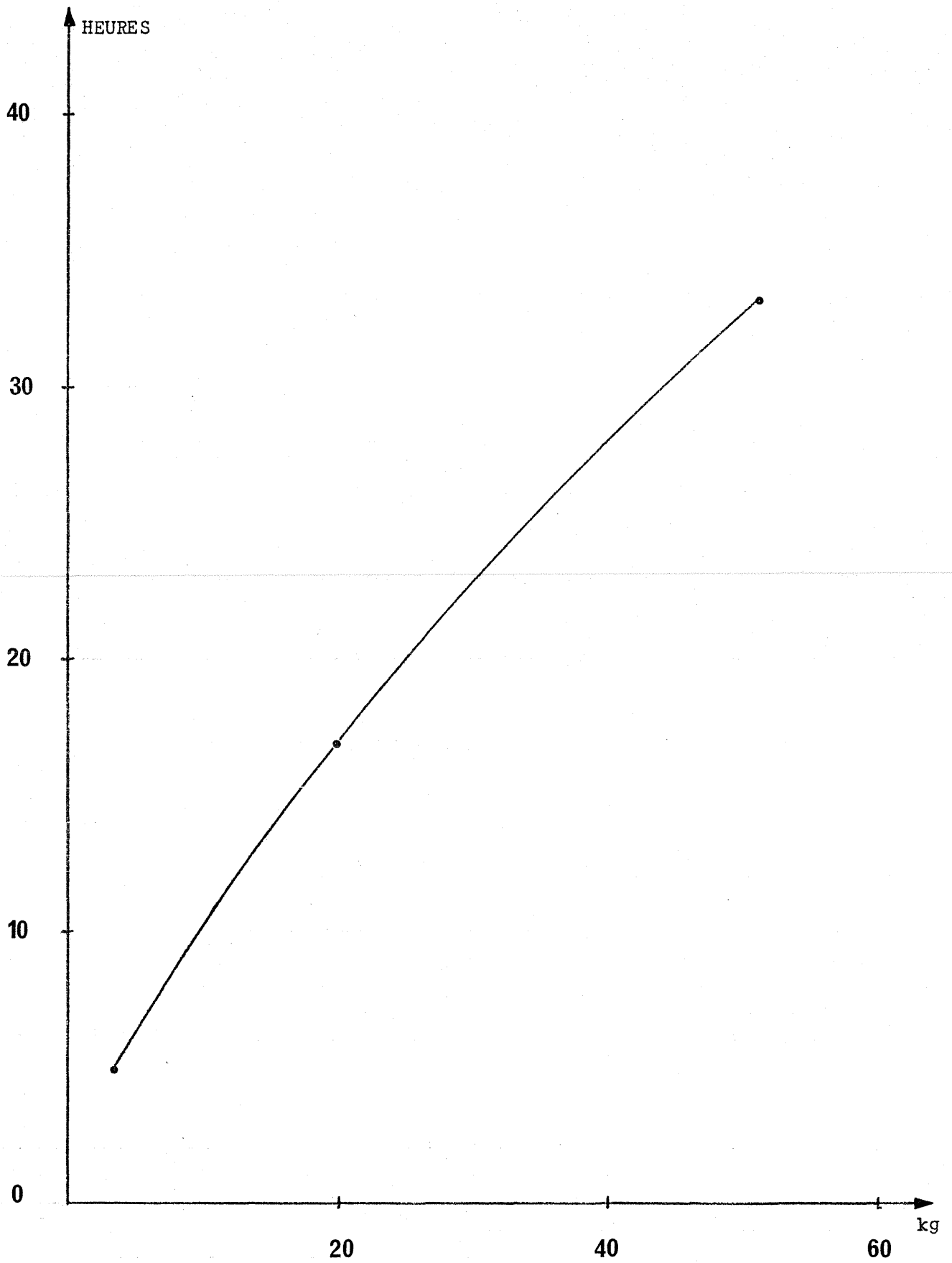


Fig. 16 : Courbe de durées de décongélation à +20°C en air pulsé à grande vitesse avec humidification, des thons (albacores) en fonction de leur poids

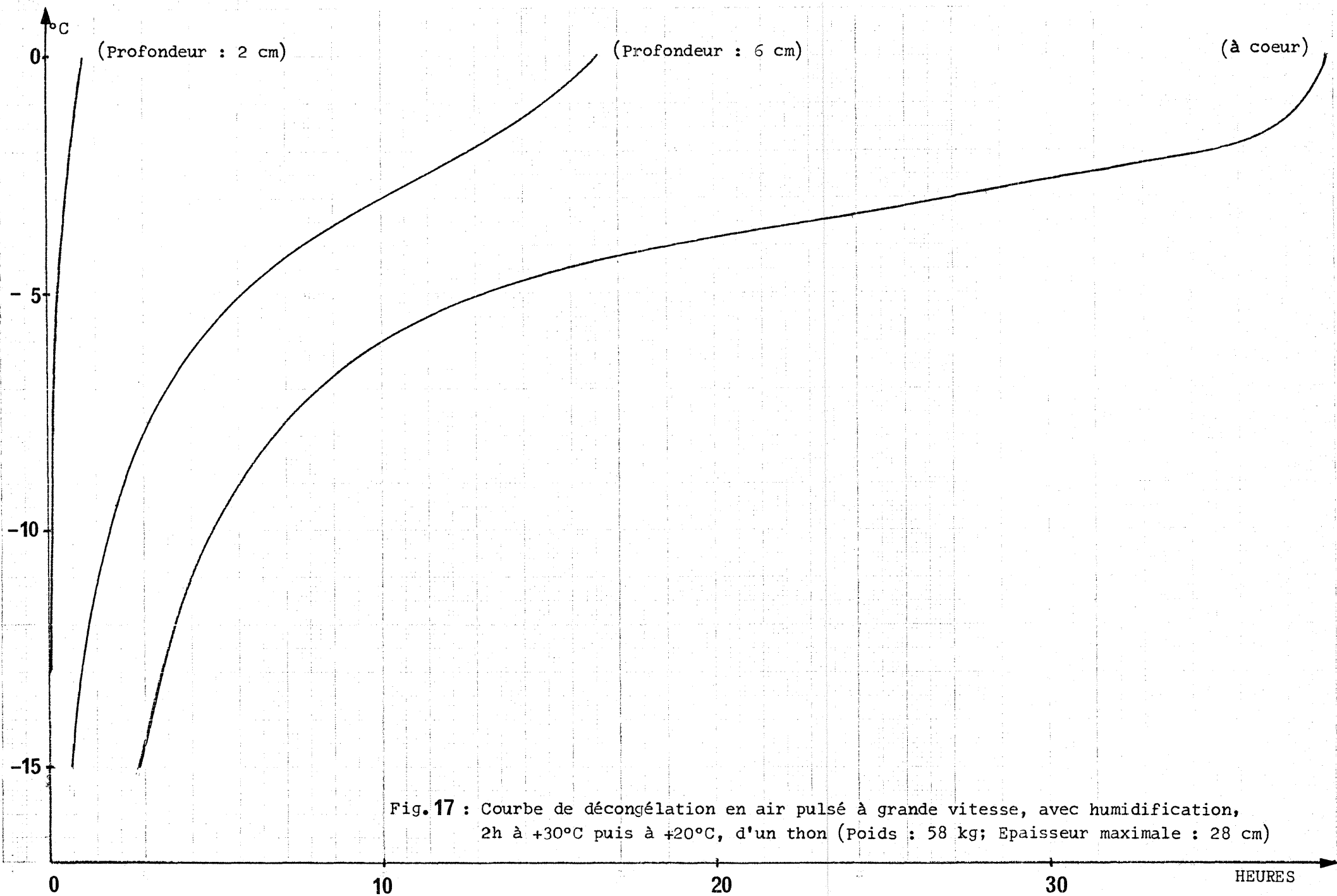


Fig. 17 : Courbe de décongélation en air pulsé à grande vitesse, avec humidification, 2h à +30°C puis à +20°C, d'un thon (Poids : 58 kg; Epaisseur maximale : 28 cm)

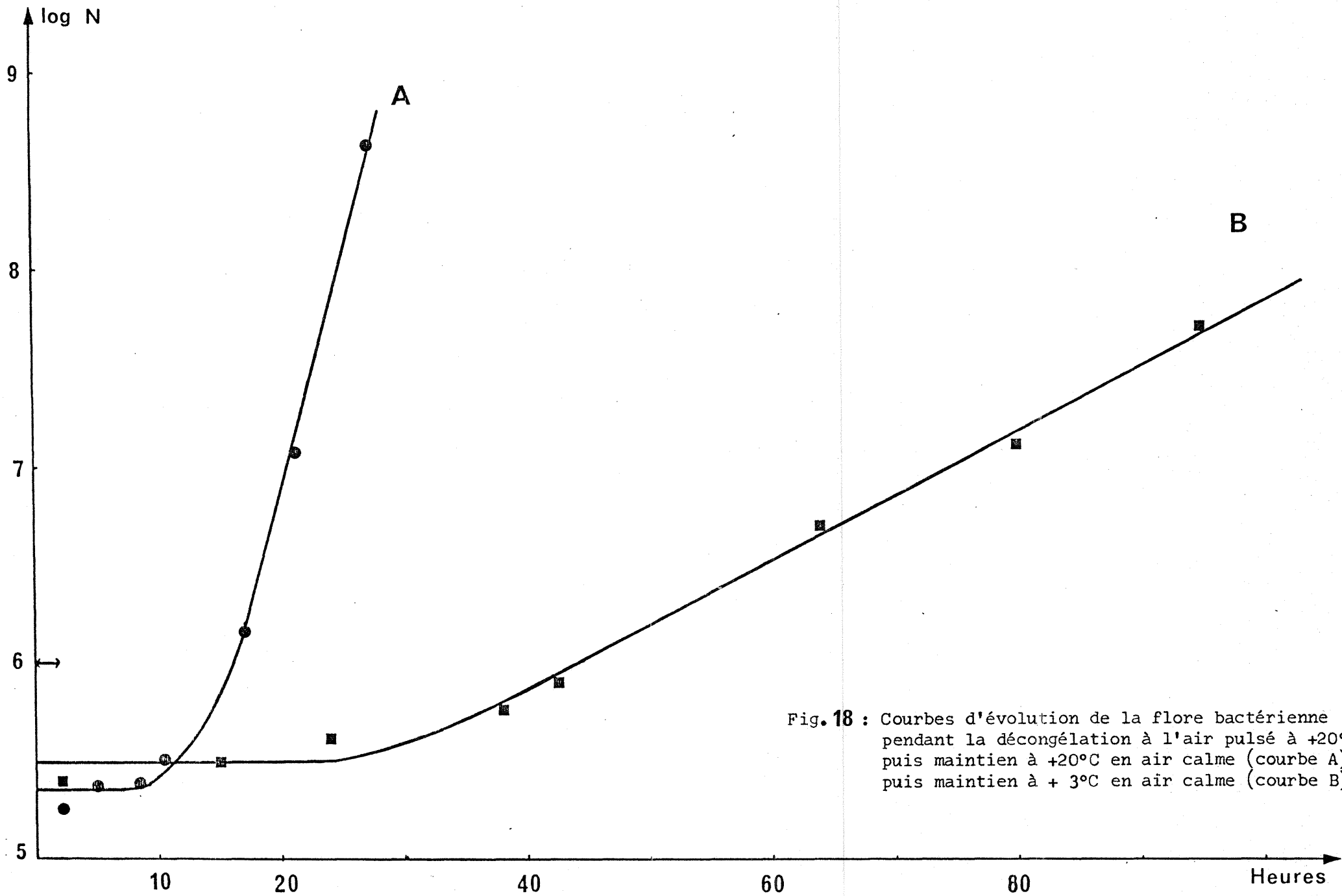
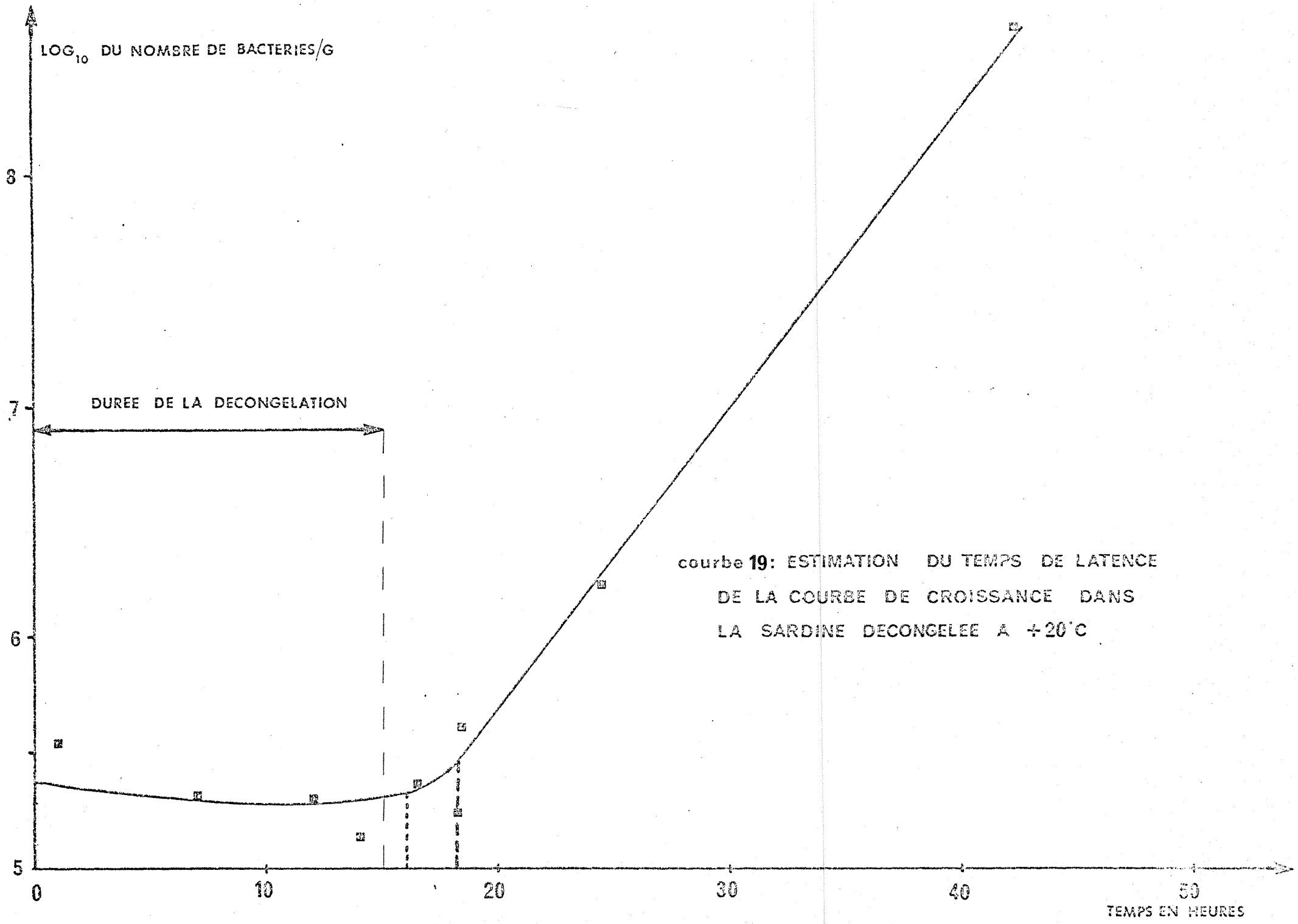


Fig. 18 : Courbes d'évolution de la flore bactérienne pendant la décongélation à l'air pulsé à +20°C puis maintien à +20°C en air calme (courbe A) puis maintien à + 3°C en air calme (courbe B)

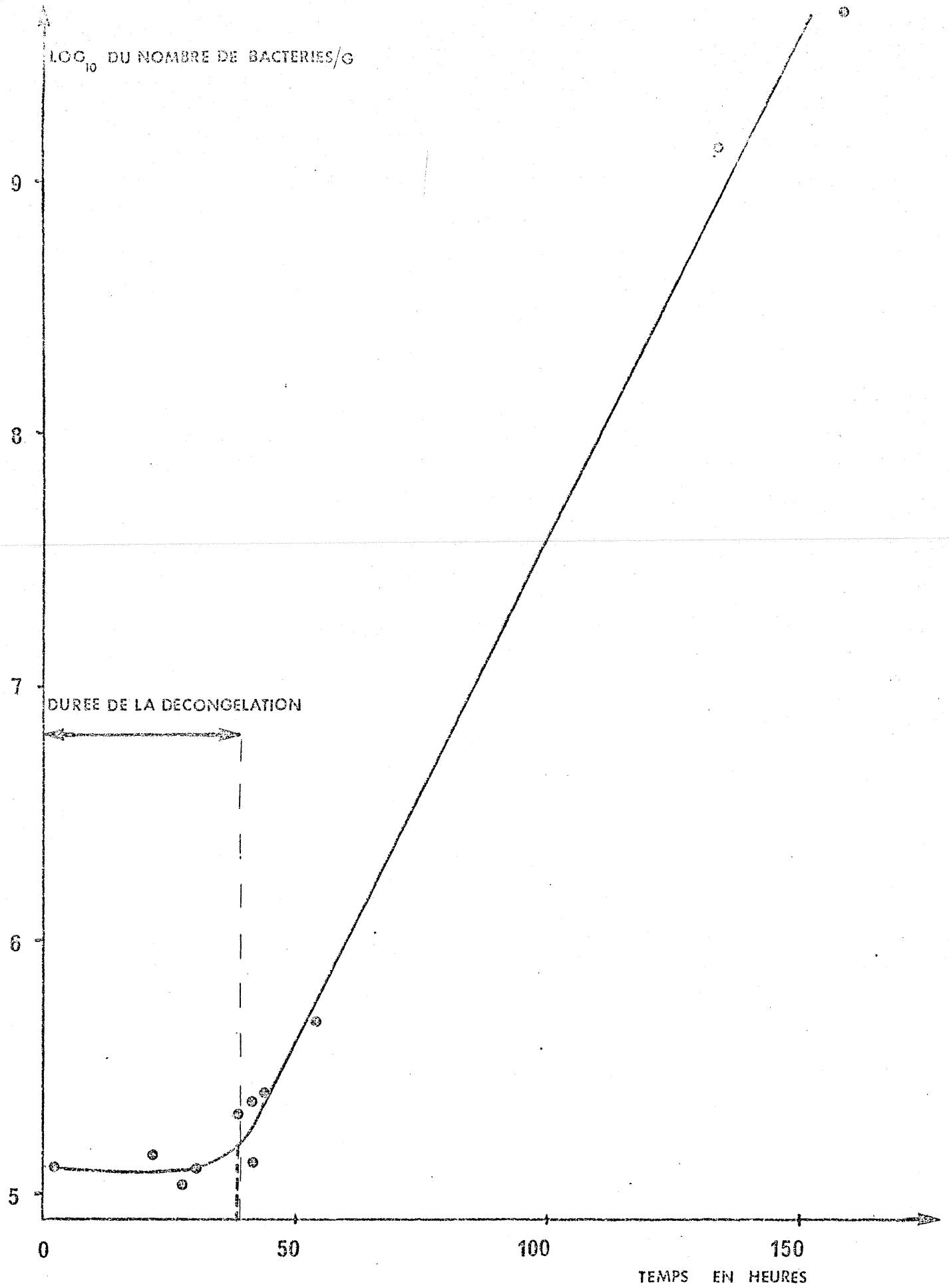


$\text{LOG}_{10}$  DU NOMBRE DE BACTERIES/G

DUREE DE LA DECONGELATION

courbe 19: ESTIMATION DU TEMPS DE LATENCE DE LA COURBE DE CROISSANCE DANS LA SARDINE DECONGEELEE A +20°C

TEMPS EN HEURES



courbe 20: ESTIMATION DU TEMPS DE LATENCE  
 DE LA COURBE DE CROISSANCE DANS  
 LA SARDINE DECONGEELEE A + 4°C

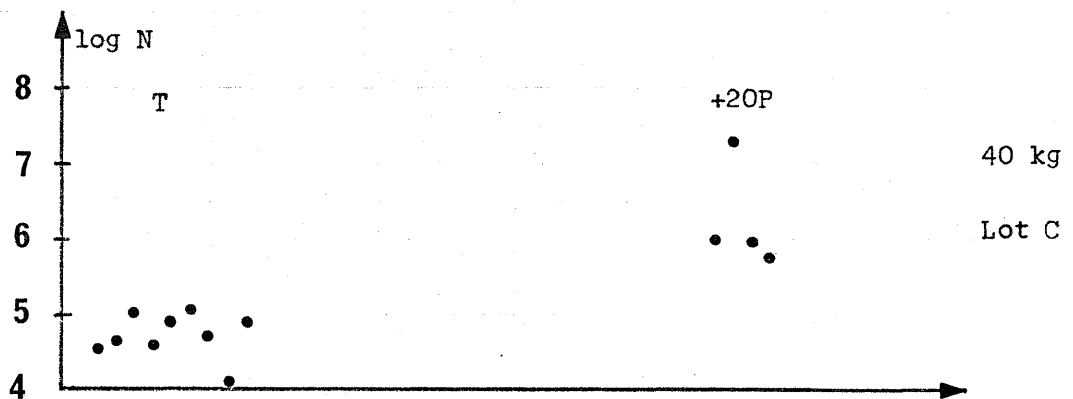
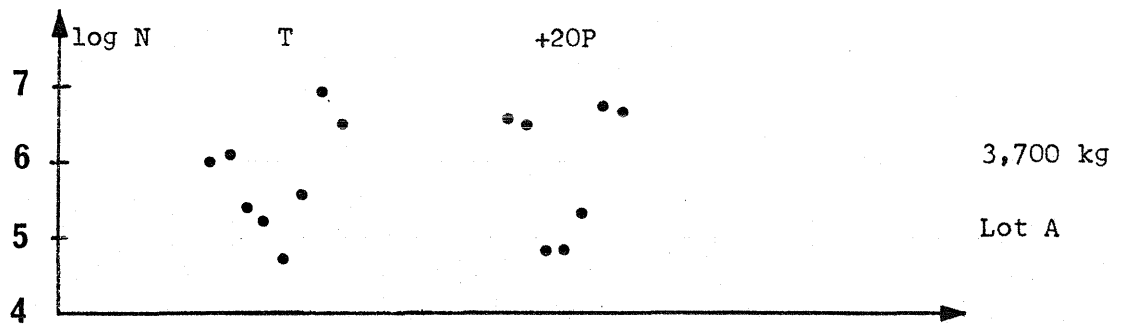


Fig.21 : Résultats bactériologiques des prélèvements effectués sur les thons de différentes tailles à l'état congelé (T) et après décongélation à l'air pulsé à +20°C (+20P)  
log N = logarithme décimal du nombre de colonies par cm<sup>2</sup>

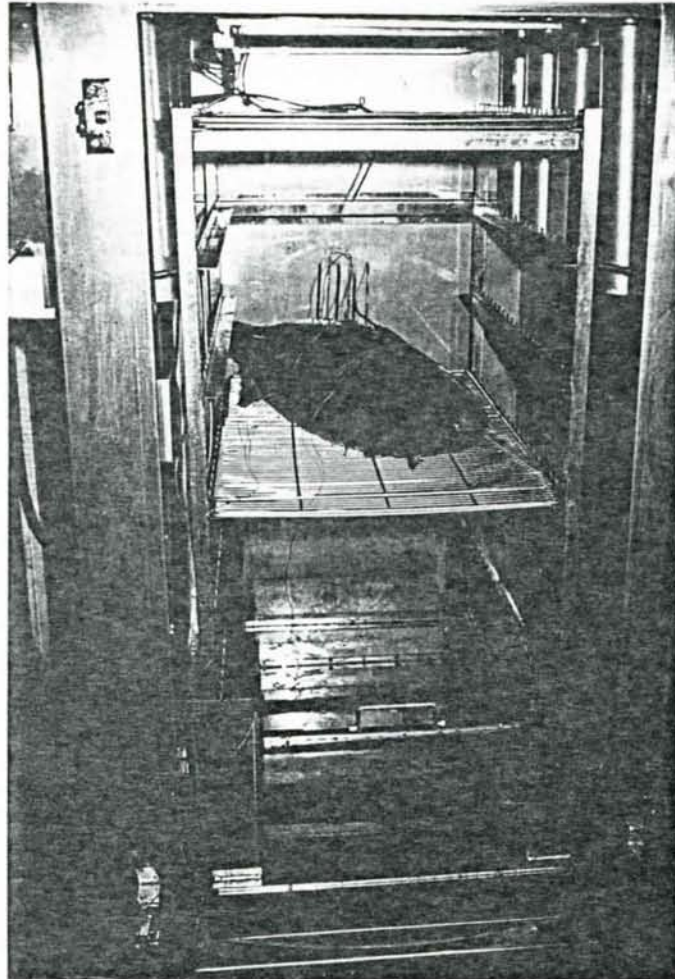


Vue d'ensemble de l'appareil





Chariot de l'enceinte supportant les produits à décongeler  
(24 plaques de 5 kg soit 120 kg)



Positionnement des thermocouples pour la mesure des températures  
lors de la décongélation d'un thon de 40 kg environ