

# TEMPÉRATURE ET MATURATION

## Le cas des poires nécessitant un traitement préalable par le froid

par **R. ULRICH** <sup>(1)</sup>

*Professeur à la Sorbonne.*

*Directeur du laboratoire de Biologie de la station du froid de Bellevue (C. N. R. S.).*

Généralement, la maturation des fruits à température constante, celle des poires en particulier, est, dans certaines limites de température, d'autant plus rapide que le milieu est plus chaud. C'est ce qu'on observe par exemple avec des poires Williams, entre 12 et 25°, avec des pommes Reinettes du Canada entre 0 et + 10°. Toutefois, entre deux limites extrêmes de température s'observe en général une région optimale où la maturité est la plus satisfaisante du point de vue pratique (ex. : 10° environ pour Canada, 15-20° pour Williams). Si l'on examine ce qui se passe avec la poire Passe-Crassane, on est surpris de constater que la maturation n'est normale qu'au voisinage de 4 à 5°, c'est-à-dire si le fruit est soumis à une température relativement basse. Si l'on désire placer le fruit au froid pour le faire parvenir à maturité, deux moyens peuvent être employés :

— maintien continu à + 4°,

— conservation à 0° suivie d'une maturation complémentaire à 15-18° ; le fait que celle-ci soit possible montre qu'à 0° le fruit ne subit pas de transformations regrettables puisqu'il reste capable de mûrir.

Apportons quelques précisions sur cette variété. Nous dirons qu'un fruit est mûr lorsqu'il a acquis toutes ses qualités du point de vue de la couleur, de la fermeté, de la saveur et de l'odeur. Le phénomène qui conduit à l'état de maturité est la **maturation**.

### 1° Observations morphologiques sur les fruits placés à trois températures (0, + 4 et + 18°) (Expérience de 1957-58).

Les poires, récoltées le 4 octobre 1957 à Jagny-sous-Bois n'ont pratiquement pas évolué à 0° ; à peine a-t-on enregistré un léger jaunissement. A 4°, les fruits ont complètement mûri en 110 jours environ. A 18°, le jaunissement est intense, passant à une teinte orangée ; la dureté fléchit, mais incomplètement, et des altérations apparaissent avant la maturité normale.

Après 11 à 15 semaines de séjour à 0°, la maturation

complémentaire à 18° se produit normalement en une dizaine de jours (fig. 1).

#### QUELQUES MODALITÉS DE L'ACTION DE LA TEMPÉRATURE.

*Influence du temps de séjour à 0° sur la maturation ultérieure à + 18°.*

Six lots de fruits avaient été constitués (1956-57) : conservés uniquement à 0° ou conservés à 0° puis placés à + 18° au bout de 6, 11, 15, 20 ou 25 semaines.

(1) Collaboration de M. PAULIN et de M<sup>lle</sup> RATEAU. Les principaux faits exposés dans cette note ont été présentés au Congrès international de botanique de Montréal.

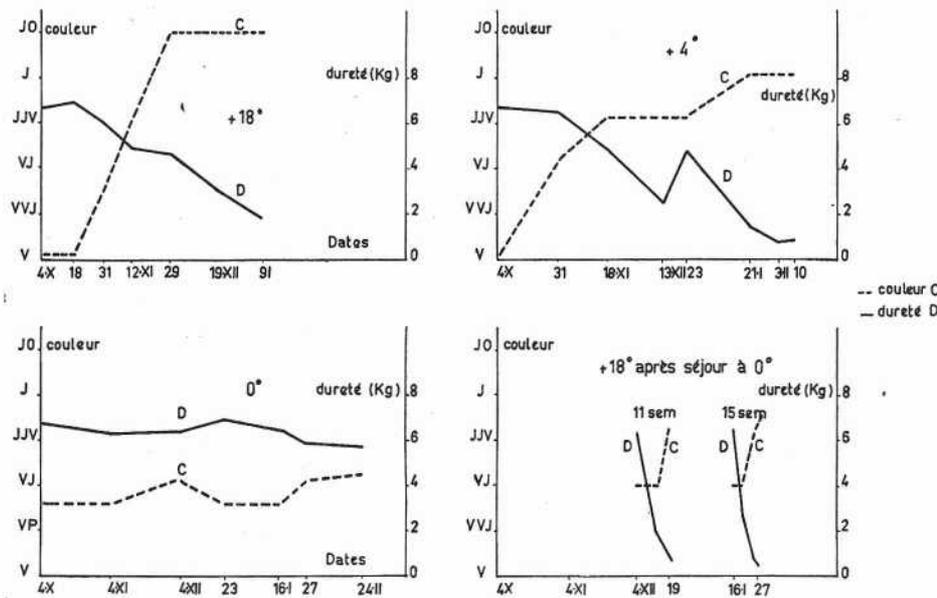


FIG. 1. — Variations de la couleur (C) et de la dureté (D) de poires Passe-Crassane placées à 0° (en bas et à gauche), à + 4° (en haut à droite), à + 18° (en haut à gauche) ou à + 18° après 11 à 15 semaines de séjour à 0°. En abscisses, les dates; en ordonnées, duretés mesurées au pénétromètre, ou couleurs: V: vert; VVJ: vert avec trace de jaune; VJ: vert jaune; JJV: jaune avec trace de vert; J: jaune; JO: jaune orangé.

Le temps nécessaire pour atteindre la dureté 1 kg, pris comme test de comparaison a varié conformément aux indications du tableau I.

TABLEAU I.

DURÉE DE SÉJOUR A 0° (t <sup>1</sup> )	TEMPS D'AMOLLISSEMENT A 18° (t <sup>2</sup> )	TOTAL t <sup>1</sup> +t <sup>2</sup>	REMARQUES
42 j	28 j	70 j	maturation hétérogène.
77	11	88	maturation normale.
103	16	119	
139	11	150	altérations.
176	10	186	

On notera que l'allongement du séjour à 0° entraîne une accélération sensible de l'amollissement des tissus à + 18°, mais que le gain de temps au cours de la maturation est beaucoup plus court que la prolongation du séjour à 0° correspondante. La période totale s'étendant de la récolte à la maturité augmente donc sensiblement avec la durée du séjour au froid.

*Influence sur les fruits d'un séjour à + 4° après un certain nombre de semaines d'entreposage à 0°.*

Des poires récoltées le 11 octobre 1956 à Versailles

ont été réparties en 7 lots: conservées à 0°, 3 semaines, 9 semaines, 12 semaines, 15 semaines, puis portées à + 4°. L'humidité relative était voisine de 0,90. L'examen des fruits à des dates échelonnées montre que la durée de maturation à + 4° varie sensiblement avec la durée du séjour à 0°. Les transformations lentes qui se produisent dans les poires à 0° ont pour effet de réduire la durée de la maturation complémentaire. Les gains de temps sont respectivement de 4, 29, 36, 44 et 52 jours pour 20, 42, 63, 86 et 103 jours de séjour au froid. Ceci revient à dire que 20 jours de séjour à 0° sont équivalents, en ce qui concerne les progrès de la maturation, à 4 jours à + 4°, 42 jours équi-

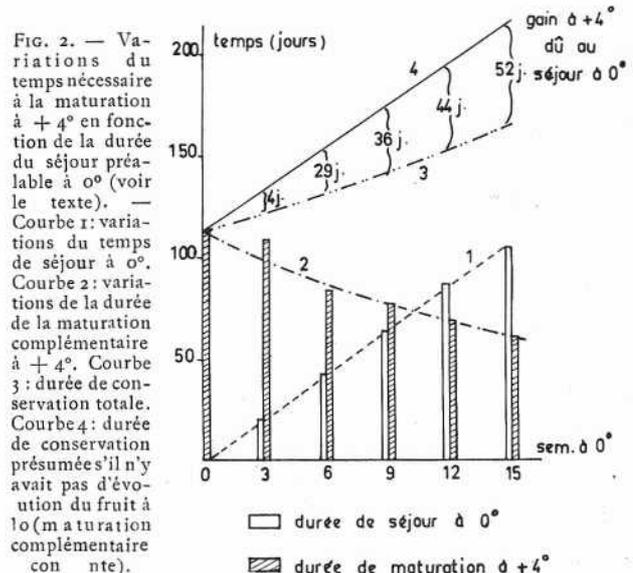


FIG. 2. — Variations du temps nécessaire à la maturation à + 4° en fonction de la durée du séjour préalable à 0° (voir le texte). — Courbe 1: variations du temps de séjour à 0°. Courbe 2: variations de la durée de la maturation complémentaire à + 4°. Courbe 3: durée de conservation totale. Courbe 4: durée de conservation présumées'il n'y avait pas d'évocation du fruit à 10 (maturation complémentaire con nte).

valents à 29 jours, 63 à 36, etc. Les rapports de ces valeurs prises 2 à 2 sont pratiquement tous égaux à 1/2 (fig. 2).

*Influence de la localisation dans le temps du séjour à 0°.*

Le besoin de froid doit-il être satisfait dès la récolte ou peut-il l'être à un autre moment ? Trois lots de fruits ont été préparés pour répondre à cette question : lot A placé dès la récolte à + 12° et maintenu à cette température ; lot B placé 3 semaines à + 12°,

puis 11 semaines à 0°, puis mis à mûrir à + 18° ; lot C placé 6 semaines à + 12° puis 11 semaines à 0°, enfin mis à mûrir à + 18° ; lot D maintenu à 0°. Les observations ont conduit aux conclusions suivantes :

— à 12° (lot A) la maturation aurait été complète si les fruits n'étaient pas dépourvus de parfum ;

— le lot B a mûri normalement ;

— le lot C a présenté un brunissement interne des tissus plus ou moins généralisé ; les fruits étaient normaux à la fin du séjour à + 12 mais ils ont brunis à 0°.

Le lot D n'a pas évolué de façon visible.

## 2° Observations physiologiques sur les fruits placés à 0, + 4 et + 18°.

### A) La Respiration (expérience de 1955-56).

L'intensité respiratoire suivie individuellement sur des fruits conservés à 0, + 4 et + 18°, avec ou sans traitement frigorifique préalable, a varié conformément aux données ci-dessous.

A 0°, les courbes ne présentent pas d'accidents importants. Du début de l'essai au 180<sup>e</sup> jour après la cueillette, l'intensité respiratoire s'est maintenue entre 5 et 10 mg pour 100 g frais par jour.

A + 4°, les fruits présentent des intensités respiratoires légèrement supérieures à celles du lot conservé à 0°, et de valeur à peu près constante jusqu'au 3 février (résultat confirmé exactement en 1958-59). Les fruits qui mûrissent normalement présentent un maximum climactérique de faible importance qui coïncide à peu près avec la maturité. Les crises respiratoires ont lieu à des moments différents, fait qui montre l'intérêt de l'étude individuelle des fruits en expérience. Un fruit qui n'a pas mûri n'a pas présenté de variation sensible de son intensité respiratoire.

A 18°, les intensités respiratoires oscillent dans la zone de 20 à 50 mg environ, avec une tendance sensible à une diminution entre le 7 et le 26 octobre. Un seul fruit (sur 5) a fourni une courbe présentant un maximum, mais au moment de la plus forte intensité respiratoire, il était recouvert d'un léger duvet de moisissures. En 1959, l'un des fruits conservés à + 18° est resté inaltéré avec une intensité respiratoire de l'ordre de 12 mg/100 gf/j jusqu'au 16 mars ; les autres fruits se sont altérés et ont montré simultanément un accroissement normal de l'émission de gaz carbonique.

Dans le cas des fruits placés pendant 5 semaines

à 0° puis à 18°, on peut distinguer deux périodes (fig. 3) :

— du 16 novembre au 5 décembre les valeurs respiratoires des 5 fruits accusent une chute progressive ;

— à partir du 5 décembre, les courbes de 3 fruits sur 5 (n<sup>os</sup> 1, 2, 3) se relèvent pour dessiner un maximum qui ne coïncide avec la maturité que dans un cas (1). Les fruits 1, 2 et 3 sont les seuls à avoir mûri normalement. Les fruits qui n'ont pas mûri normalement n'ont pas présenté de variation importante de leur intensité respiratoire. Vers fin décembre, on peut enregistrer une remontée sensible attribuable à un dégagement de gaz carbonique fermentaire ou à l'intervention de microorganismes.

Dans le cas des fruits placés 15 semaines à 0° puis à 18°, les 5 fruits du lot ont montré un comportement comparable. Ils présentent tous à partir du 3 février environ une énergique poussée respiratoire qui se situe au-delà de la maturité. Les sommets des courbes correspondent à des valeurs qui s'étagent de 75 à 131 mg de gaz carbonique. Les maximums climactériques du 13 février sont suivis d'une chute sensible.

La maturité est précédée d'un premier maximum beaucoup moins important observable déjà sur les courbes publiées par GAC à propos des poires Passe-Crassane conservées 16 semaines à 0° avant la maturation. Finalement les fruits de ce lot présentent une grande analogie de comportement, avec un maximum respiratoire très net et très décalé par rapport à la maturité ; les différences individuelles consistent ici seulement en variations quantitatives de l'intensité respiratoire maximum.

*En conclusion* de ces expériences, on peut écrire que les courbes respiratoires montrent que le maximum

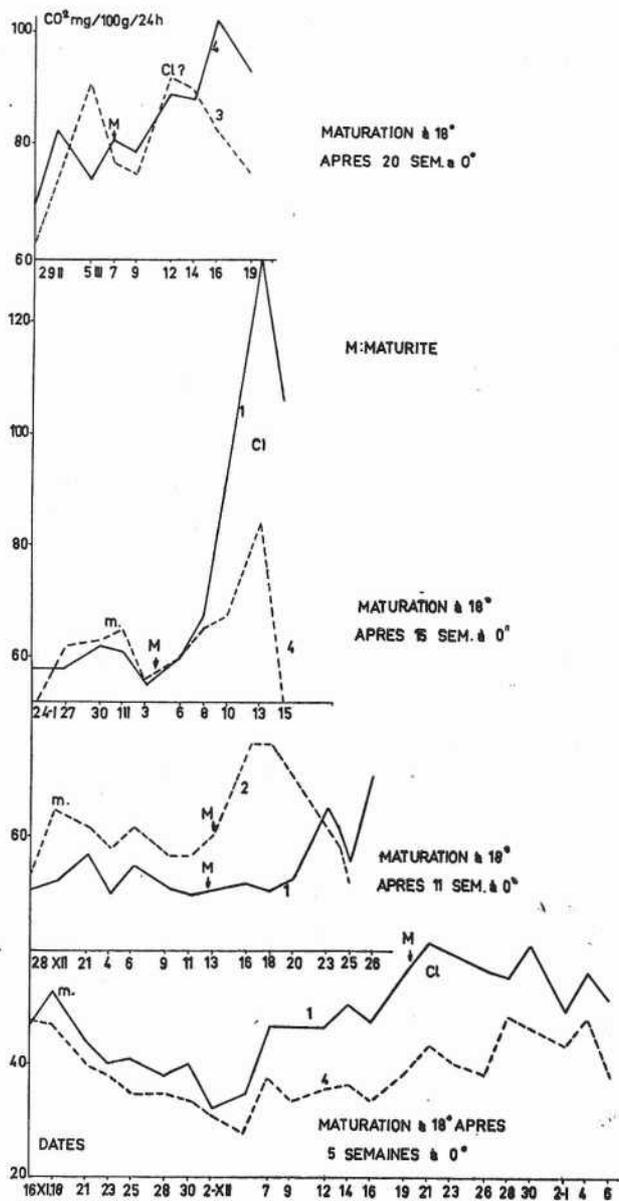


FIG. 3. — Variations, en fonction du temps, de l'intensité respiratoire à +18° de quelques fruits ayant préalablement séjourné 5, 11, 15 et 20 semaines à 0°. Quelques courbes seulement ont été retenues pour éviter de surcharger la figure.

M : maturité ; Cl : maximum climactérique.

ne s'observe avec netteté que là où la maturation se produit complètement ; le lot le plus homogène est celui qui a mûri à +18° après 15 semaines de séjour au froid. L'élévation de l'intensité respiratoire observée à l'arrivée à 18°, au fur et à mesure de l'accroissement du séjour préalable à 0° (fig. 4), donne à penser qu'il s'accumule à 0°, soit des métabolites respiratoires (autres que des sucres réducteurs ou du saccharose), soit des catalyseurs ou stimulants de la respiration.

## B) La sensibilité à l'éthylène.

Si le séjour au froid est très court ou nul, un traitement par l'éthylène peut rendre la maturation possible à 18°. Des poires de la récolte 1954 ont été placées à +18° et traitées ou non par l'éthylène (2 ‰ ; 2 heures de contact par jour). En l'absence d'éthylène, les fruits sont restés verts et de saveur peu agréable. En présence d'éthylène par contre, leur évolution a été très rapide et normale.

On pourrait se demander dans ces conditions si, au cours de son long séjour préalable au froid, le fruit n'élaborerait pas de petites quantités d'éthylène.

Des fruits ont été placés en 1955-56 à 0 ou +4° et ont reçu chaque jour de l'éthylène (2 ‰, 4 heures de contact). Un lot de poires conservé à 0° a été porté à +18° après 2 semaines de traitement par l'éthylène. On a pu voir que les fruits conservés en présence d'éthylène se comportaient exactement comme les fruits qui n'en avaient pas reçu (évolution faible ; maturation incomplète par traitement à +18°, particulièrement en ce qui concerne la saveur ; les fruits ont jauni et se sont amollis).

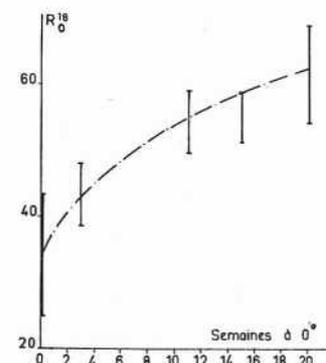
## C) Les variations des glucides.

Notre attention ayant été attirée sur quelques singularités dans la résorption de l'amidon à certaines températures, nous avons suivi les variations des glucides dans les poires Passe-Crassane à 0, +4 et +18°.

En ce qui concerne les glucides solubles, nous avons observé, à 0°, des variations faibles des sucres réducteurs (particulièrement marquées lorsque la température n'est pas suffisamment constante) et une chute du saccharose.

À +4°, des fluctuations faibles des glucides réducteurs sont accompagnées d'une chute de saccharose suivie cette fois d'une importante augmentation,

FIG. 4. — Intensités respiratoires des fruits à l'arrivée à +18°, en fonction de la durée du séjour préalable à 0°. Les lignes verticales réunissent les valeurs extrêmes de l'intensité respiratoire observées sur les différents fruits d'un même lot, venant de 0°, à leur entrée dans la cellule à +18° (plus exactement après que s'est réalisé l'équilibre de température entre le fruit et l'atmosphère à +18°). Valeurs exprimées en milligrammes de gaz carbonique émis par 100 g. de fruits frais par jour.



ou d'un maximum qui paraît précéder la maturité ; le surcroît d'activité respiratoire fournit-il l'énergie nécessaire à la synthèse de ce saccharose ? Ce n'est pas certain ; il est même possible que le climactérique ne corresponde pas une production excédentaire d'ATP (simple décarboxylation sans couplage phosphorylé ?).

A + 18°, les sucres réducteurs présentent une remontée continue ; le saccharose diminue sensiblement. La richesse en sucres réducteurs est remarquable à cette température.

A + 18° après séjour au froid, on observe une augmentation marquée des réducteurs et une augmentation du saccharose suivie d'une chute.

Ainsi, après la récolte, on note d'ordinaire un appauvrissement en saccharose mais, chaque fois que la maturation est normale, elle correspond à un maximum de saccharose. L'aptitude des tissus à synthé-

tiser le saccharose apparaît donc caractéristique des fruits susceptibles de mûrir.

A + 18°, l'augmentation des sucres solubles totaux est très sensible, correspondant sans doute à l'attaque des membranes cellulaires. Si cette attaque a lieu aussi dans les poires placées à + 18° après séjour à 0°, l'enrichissement en sucres solubles doit être compensé par une utilisation importante dans la respiration et, éventuellement, dans certaines synthèses.

Pour ce qui concerne l'amidon, nous avons noté en 1957 que la régression était totale à + 4° le 31 octobre, à 0° le 4 décembre, mais qu'à 18°, il en restait encore en faible quantité à la fin de l'expérience. Il est intéressant de rapprocher ce fait de l'observation de BARNELL sur la banane : les fruits atteints de « chilling » par séjour prolongé à 12° restent riches en amidon lorsqu'on les porte à 20°, sans doute par altération d'un système enzymatique.

### 3° Caractère de généralité des faits décrits ci-dessus.

#### 1° Influence de l'origine des fruits.

Alors que les poires Passe-Crassane de la région parisienne nécessitent un traitement frigorifique dès la récolte pour mûrir normalement ensuite à température élevée, nous avons observé que ce traitement n'était pas nécessaire dans le cas de fruits récoltés à La Réole (Gironde), en Savoie ou à Montpellier ; ces poires ont en effet mûri complètement à 18°.

#### 2° Comparaison avec d'autres variétés de poires.

Notre attention ayant été attirée sur l'effet favorable du froid dans le cas des poires Passe-Crassane, nous avons retrouvé dans un travail de KRUMBHOLZ et WOŁODKEWITSCH des observations analogues ; les auteurs ont étudié les variations de la fermeté de la poire Alexandre Lukas à 3 températures (9, 14 et 19°) en fonction du séjour préalable au froid. On remarque sur leurs courbes :

1° que les fruits mis à mûrir à 19° immédiatement après la récolte s'amollissent incomplètement, alors qu'ils deviennent vite fondants à la même température après 116 jours de réfrigération à 0° ;

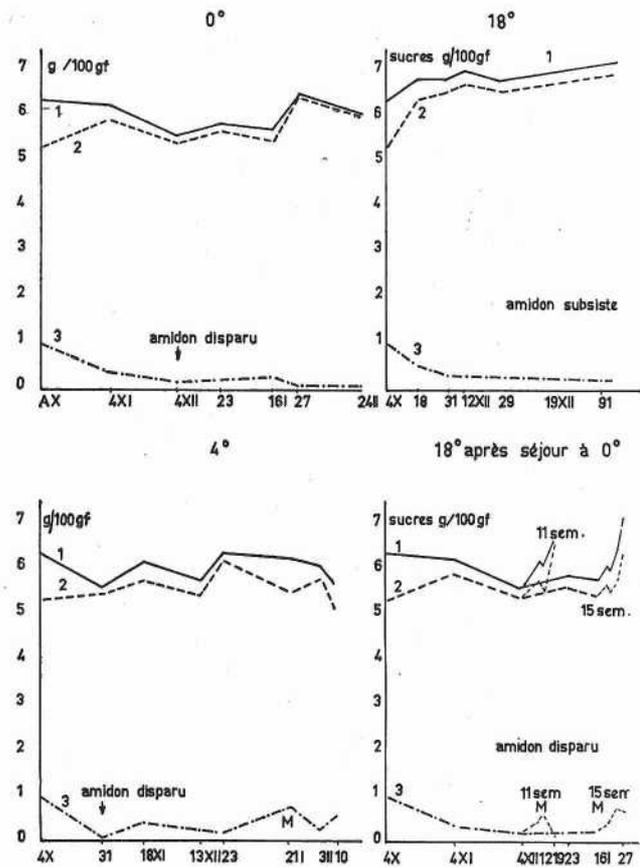


FIG. 5. — Variations des sucres solubles totaux (1), des sucres réducteurs libres (2), et du saccharose (3), dans des poires Passe-Crassane conservées à 0, + 4, + 18°, ou portées à 18° après 11 ou 15 semaines de séjour à 0°.

2° que les fruits placés à 9° immédiatement après la récolte semblent évoluer normalement ;

3° que les fruits se comportent de façon beaucoup plus homogène à 19° après séjour au froid (surtout

après 116 jours) que lorsqu'ils sont immédiatement mis à mûrir.

Il ne faudrait pas généraliser et croire qu'un séjour au froid soit toujours salubre.

#### 4° Conclusions.

Les données qui précèdent ont un certain intérêt théorique et pratique.

Du point de vue physiologique, elles apportent un exemple de plus d'un phénomène physiologique conditionné par le froid ; elles montrent que les variations de l'intensité respiratoire et des glucides sont différentes selon que les fruits sont aptes ou non à mûrir ; l'attention est en outre attirée sur l'intérêt d'études sur les enzymes des glucides.

Du point de vue pratique, nos observations opposent dans un cas particulier deux modes bien distincts d'utilisation du froid : la conservation à température basse (ici 0°) qui nécessite une maturation complémentaire, et la conservation à température plus tempérée (ici + 4°) qui permet la maturation. Nos recherches attirent d'autre part l'attention sur la nécessité du froid dans l'entreposage de certaines denrées, alors que dans un grand nombre de cas, les basses températures sont facilement nocives (bananes, concombres, tomates, etc.).

*Station expérimentale du Froid, Bellevue, C. N. R. S.*



**CONTRE LA MOISSISSURE  
DES AGRUMES**

**SUPER-PENTABOR N**

— SANS DANGER —

**S. A. BORAX FRANÇAIS**

8, rue de Lorraine, SAINT-GERMAIN-EN-LAYE (S-et-O.)

ET DROGUERIES D'AFRIQUE DU NORD

**Agences Maritimes**

**Henry LESAGE**

*Siège social : 7, Cité Paradis, PARIS*

*Succursales : DUNKERQUE, LE HAVRE, NANTES  
BORDEAUX, MARSEILLE, ANVERS, GAND, CONAKRY*

EXPÉDITIONS — ASSURANCES — CONSIGNATION  
TRANSPORTS de FRUITS par NAVIRES SPÉCIALISÉS