

## Synthèse de deux composés isomères structuraux carboxylatoorganostanniques : Caractérisations spectroscopiques (infrarouge, UV-Visible, RMN $^{119}\text{Sn}$ ) et détermination des structures par diffraction des rayons X

Mamadou Ba<sup>1</sup>, Waly Diallo<sup>1\*</sup>, Bocar Traoré<sup>1</sup>, Adrienne Ndioléne<sup>1</sup>, Lamine Yaffa<sup>1</sup>,  
Mamadou Sidibé<sup>1</sup>, Michel Giorgi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Cheikh Anta Diop, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, Laboratoire de Chimie Minérale et Analytique (LACHIMIA), Dakar, Sénégal

<sup>2</sup> Université Aix-Marseille, Faculté des Sciences et Techniques, Spectropole D11–Campus St. Jérôme  
52 Av. Escadrille Normandie Niemen –13013 Marseille, France

### Infos

Received: 14 January 2024  
Accepted: 24 November 2024

### Keywords

Carboxylate,  $\text{SnPh}_3$  residue,  
bidentate, trigonal bipyramidal

### Mots clés

Carboxylato, résidu  $\text{SnPh}_3$ ,  
bidentate, bipyramidal trigonal

### Corresponding authors emails:

waly.diallo@ucad.edu.sn

### Abstract - Résumé

**Abstract:** Two new carboxylatoorganostannic compounds containing  $\text{SnPh}_3$  residu which have same chemical formular  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  have been obtained, by a reaction between cinnamate ammonium salt and triphenyltin (IV) chloride precursor. These two complexes have been characterized by spectroscopic techniques and X ray analysis. The first complex derived from dihexylammonium salt crystallized in monoclinic system with  $P2_1/n$  space group  $a = 12,81539(10) \text{ \AA}$ ,  $b = 11,48186(8) \text{ \AA}$  et  $c = 16,07052(12) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 102,3485(7)^\circ$  et  $\gamma = 90^\circ$ ,  $V = 2309.98(3) \text{ \AA}^3$  et  $Z = 4$ . The complex derived from dibenzylammonium salt crystallized in monoclinic system with  $P2_1/c$  space group with  $a = 9,52630(10) \text{ \AA}$ ,  $b = 10,15700(10) \text{ \AA}$  et  $c = 24,1129(2) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 100,7340(10)^\circ$  et  $\gamma = 90^\circ$ ,  $V = 2292.31(4) \text{ \AA}^3$  et  $Z = 4$ . The chemical structure of **1** is polymeric in which the monomers  $[\text{Ph}-(\text{HC})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  are linked via Sn-O coordinated bonds with 2,2  $\text{ \AA}$  bond distance value. In the other case, the chemical structure of **2** is polymeric too but the Sn-O bonds which linked the monomers are near the Van Der Walls bond distances with 3,247  $\text{ \AA}$  length value. In the two complexes, the ligand is coordinated in a bidentate fashion and the geometry around the tin (IV) center is trigonal bipyramidal.

**Résumé :** Deux nouveaux composés carboxylatoorganostanniques contenant le résidu  $\text{SnPh}_3$  de même formule brute  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  ont été obtenus, par la réaction entre un carboxyanioncinnamate contenu dans deux sels d'ammoniums disubstitués symétriques différents tels que le dibenzylammonium et le dihexylammonium avec le précurseur d'étain (IV) chlorure de triphénylétain(IV). Ces deux complexes obtenus sous forme de monocristaux ont été caractérisés par spectroscopies IR, UV-Visible, RMN  $^{119}\text{Sn}$  et par la diffraction des rayons X. Le composé **1**  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  dérivant du sel de dihexylammonium, cristallise dans un système monoclinique de groupe d'espace  $P2_1/n$  avec  $a = 12,81539(10) \text{ \AA}$ ,  $b = 11,48186(8) \text{ \AA}$  et  $c = 16,07052(12) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 102,3485(7)^\circ$  et  $\gamma = 90^\circ$ ,  $V = 2309.98(3) \text{ \AA}^3$  et  $Z = 4$  et le composé **2**  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  dérivant du sel de dibenzylammonium, cristallise dans un système monoclinique de groupe d'espace  $P2_1/c$  avec  $a = 9,52630(10) \text{ \AA}$ ,  $b = 10,15700(10) \text{ \AA}$  et  $c = 24,1129(2) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 100,7340(10)^\circ$  et  $\gamma = 90^\circ$ ,  $V = 2292.31(4) \text{ \AA}^3$  et  $Z = 4$ . En outre, la diffraction des rayons X montre que le composé **1** est formé de monomères de formule  $[\text{Ph}-(\text{HC})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  reliés par des liaisons de coordination de type Sn-O dont les distances sont presque égales à 2,2  $\text{ \AA}$  tandis que le composé **2** est formé de monomères de formule  $[\text{Ph}-(\text{HC})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  reliés par des interactions intramoléculaires de type Sn-O avec une distance de 3,247  $\text{ \AA}$  qui sont proches de ceux de Van Der Waals (3,58  $\text{ \AA}$ ). L'anion carboxylate se comporte comme un ligand bidentate. La géométrie autour de l'atome d'étain pour ces deux composés est bipyramidal trigonal.

## 1. INTRODUCTION

Les carboxylates organostanniques ont fait l'objet d'une attention considérable en raison de leur intérêt structural et de leurs diverses applications dans les domaines tels que la médecine (Tuberculose), la biologie (anti-tumeur, antibactériens et antifongique) [1-4]. Au cours des dernières décennies, plusieurs chercheurs comme Tiekink 1994 [5], ; Davies et al., 2008 [6]. Chandrasekhar et Thirumoorthi, 2010 Ford et al. Et Poller et al. ont décrit des composés du type  $\text{RCO}_2\text{SnPh}_3$  et conclu à l'existence de chaînes infinies, avec des groupements  $\text{SnC}_3$  plans reliés par l'anion [7-8].

L'étude des composés organostanniques contenant des oxoanions en particulier les anions carboxylates a fait l'objet de plusieurs travaux dans notre laboratoire. En effet, ces complexes carboxylates ont été initiée récemment par la synthèse et la caractérisation de composés malonato, succinato et maléato [9-10].

Nous décrivons, dans le présent article, une méthode simple de complexes à travers une réaction de substitution entre l'ion  $\text{Cl}^-$  du  $\text{SnPh}_3\text{Cl}$  par l'ion cinnamate  $\text{Ph}(\text{CH})_2\text{COO}^-$  provenant de sels de dibenzylammonium et de dihexylammonium. Les deux complexes isolés sous forme de monocristaux ont été caractérisés par les techniques spectroscopiques spectroscopies infrarouge, UV-Visible et RMN  $^{119}\text{Sn}$  et les structures déterminées par diffractions des RX.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériels

L'acide cinnamique, le dibenzylamine, le dihexylamine et le chlorure de triphénylétain ont été achetés chez Sigma Aldrich et utilisés sans aucune autre forme de purification. Les analyses élémentaires ont été réalisées à la plateforme d'Analyse Chimique et de Synthèse Moléculaire de l'Université de Bourgogne (PACSMUB) sur un appareil Fisions EA 1108 CHNS-O.

Les spectres infrarouges ont été enregistrés à partir d'un spectromètre FTIR Perkin Elmer dans la région  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

Les spectres UV-Visibles ont été enregistrés dans le  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2N) dans la région 200-1000 nm avec une vitesse de 600nm/min et dont le lissage est Fort à partir de l'appareil Evolution 300 UV-VIS piloté par un logiciel VISION pro à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

Les spectres RMN  $^{119}\text{Sn}$  ont été enregistrés sur un spectromètre Bruker Avance 400 MHz avec un capteur large bande d'observation dans le solvant  $\text{CDCl}_3$  à l'Université de Bourgogne, Dijon-France. Les données spectroscopiques infrarouge, UV-Visible et RMN sont exprimées en  $\text{cm}^{-1}$ , nm et ppm respectivement.

Des monocristaux incolores ont été sélectionnés sur une surface plane pour les complexes  $\text{C}_1$  et  $\text{C}_2$ . Les données ont été collectées en utilisant un diffractomètre Bruker APEX-II CCD à  $T=295\text{K}$ .

Des cristaux convenables de dimensions  $0,34 \times 0,2 \times 0,16$  pour  $\text{C}_1$  et  $0,3 \times 0,12 \times 0,1$  pour  $\text{C}_2$ . Les structures ont été résolues en utilisant le programme ShelXT 2018/2 (Sheldrick, 2018) [11] qui est une méthode duale et l'interface graphique Olex2 1.5 (Dolomanov et al., 2009) [12]. Le modèle de raffinement est fait avec le programme ShelXL 2018/3 (Sheldrick, 2015) [13] utilisant la matrice des moindres carrés dans  $F^2$ .

Le faisceau de diffraction a été indexé et, le nombre total de scans et les images sont basés sur une méthode de calcul avec le programme APEX3 (Bruker, 2020) [14]. La résolution maximum a été faite à  $\theta=27.508^\circ$  ( $0.77\text{ \AA}$ ).

### 2.2. Méthodes de synthèse

#### 2.2.1. La synthèse du ligand $[\text{Hex}_2\text{NH}_2]^+[\text{C}_6\text{H}_5-(\text{CH})_2\text{-COO}]^- \cdot \text{H}_2\text{O}$ ( $\text{L}_1$ )

Le nouveau sel cinnamatenoté  $\text{L}_1$  a été obtenu en mélangeant des solutions éthanoliques de dihexylamine (10 mmol ; 1,911g) et de l'acide cinnamique (10mmol ; 1,482g). Le mélange incolore obtenu est agité à température ambiante pendant deux (2) heures et la solution limpide est mise à l'évaporation lente Après quelques jours d'évaporation lente, des monocristaux beiges ont été obtenus avec une masse de 1,538g et un rendement de 46,10%.

*Analyses élémentaires du ligand de formule  $\text{C}_{21}\text{H}_{37}\text{NO}_3$  (351,28) : %Calculé (%Trouvé) C=71,75 (72,14) ; H=10,61(10,75) ; N=3,98(4,00). Point de fusion :  $54^\circ\text{C}$*

*Données IR :  $\nu_{\text{NH}}$  +  $\nu_{\text{OH}}$  = 3400L, 2957m, 2932F, 2858F,  $\nu_{\text{asCOO}}=1539\text{F}$ ,  $\nu_{\text{sCOO}}=1364\text{tF}$*

*Données UV (dans le  $\text{H}_2\text{SO}_4(2\text{N})$ ) ;  $\lambda_{\text{max}}$  (nm) : 262 et 277( $\pi-\pi^*$ ) ; 308( $n-\pi^*$ )*

#### 2.2.2. La synthèse du ligand $[\text{Bz}_2\text{NH}_2]^+[\text{C}_6\text{H}_5-(\text{CH})_2\text{-COO}]^-$ ( $\text{L}_2$ )

Ce nouveau ligand cinnamate  $\text{L}_2$  a été obtenu en mélangeant des solutions éthanoliques de dibenzylamine (10mmol ; 2,034g) et de l'acide cinnamique (10mmol ; 1,482g). Le mélange incolore obtenu est agité à température ambiante pendant deux (2) heures et la solution limpide est mise à l'évaporation lente Après quelques jours d'évaporation lente, des monocristaux beiges ont été obtenus avec une masse de 2g et un rendement de 57,88%.

Analyses élémentaires du ligand de formule  $C_{23}H_{23}NO_2$  (345,43) : %Calculé (%Trouvé) C=79,97 (80,08) ; H=6,71(6,64) ; N=4,05(3,97). Point de fusion :  $108^\circ C$

Données IR :  $\nu_{NH} + \nu_{CH} = 3051m, 3026m, 2963m$  ;  $\nu_{as}COO^- = 1538F$  ;  $\nu_sCOO^- = 1382tF$

Données UV (dans le  $H_2SO_4(2N)$ ) ;  $\lambda_{max}$  (nm) : 222 ; 250 ; 260 et 276( $\pi-\pi^*$ ) ; 313( $n-\pi^*$ )

Notons que ces deux ligands  $L_1$  et  $L_2$ , sous forme de cristaux sont très stables. Les analyses élémentaires et la littérature montrent que ce sont de nouveaux sels de cinnamate d'ammonium.

### 2.2.3. La synthèse complexe $C_1$ :

Le complexe a été préparé par réaction entre le sel cinnamate de dihexylammonium  $[Hex_2NH_2]^+[C_6H_5-(CH)_2-COO]^-$  (0,100g ; 0,30mmol) et le chlorure de triphénylétain (0,120 g ; 0,30 mmol) dans un milieu d'éthanol absolu. Le mélange, agité à température ambiante pendant deux (2) heures donne une solution limpide. Après une semaine d'évaporation lente, la solution donne des cristaux incolores. La réaction de synthèse est rapportée à la figure 1.

Point de fusion :  $144^\circ C$  et Rendement = 56,61%

Données IR :  $\nu_{as}COO^- = 1574m$  ;  $\nu_sCOO^- = 1430F$  ;  $\nu_{as}Sn-O = 545F$

Données UV dans le  $H_2SO_4(2N)$  ;  $\lambda_{max}$  (nm) : 262( $\pi-\pi^*$ ) ; vers 303( $n-\pi^*$ )

Données RMN  $^{119}Sn$  dans le  $CDCl_3$  ;  $\delta$  (ppm) : -112,90

### 2.2.4. La synthèse du complexe $C_2$ :

Le complexe 2 est obtenu par réaction entre une solution éthanolique de chlorure de triphénylétain (0,112g ; 0,30mmol) et une solution éthanolique de cinnamate de dibenzylammonium (0,100g ; 0,30mmol). Le mélange, agité à température ambiante pendant deux (2) heures, donne une solution limpide. Après une semaine d'évaporation lente, des cristaux incolores ont été obtenus. La réaction de synthèse est représentée à la figure 2.

Point de fusion :  $145^\circ C$  et Rendement = 48,22%

Données IR :  $\nu_{as}COO^- = 1576m$  ;  $\nu_sCOO^- = 1429F$  ;  $\nu_{as}Sn-O = 546F$

Données UV dans le  $H_2SO_4(2N)$  ;  $\lambda_{max}$  (nm) : 262( $\pi-\pi^*$ ) ; 301( $n-\pi^*$ )

Données RMN  $^{119}Sn$  dans le  $CDCl_3$  ;  $\delta$  (ppm) : -112,82

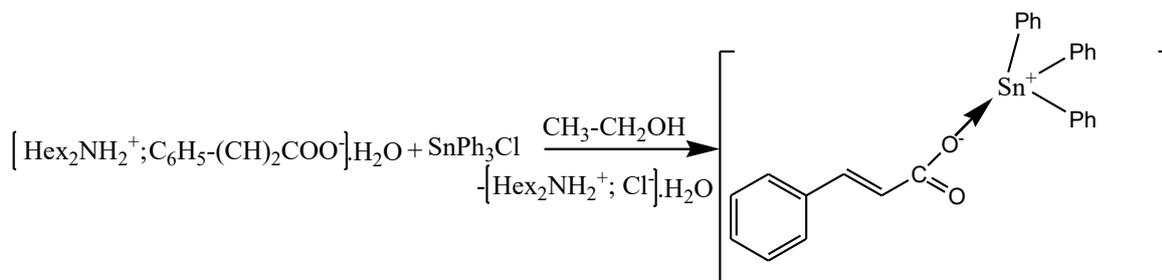


Figure 1 : synthèse du complexe 1  $[C_6H_5-(CH)_2-COO]^- [SnPh_3]^+$  à partir du sel  $[C_6H_5-(CH)_2-COO]^- Hex_2NH_2^+$  ( $Hex_2NH =$  dihexylamine)

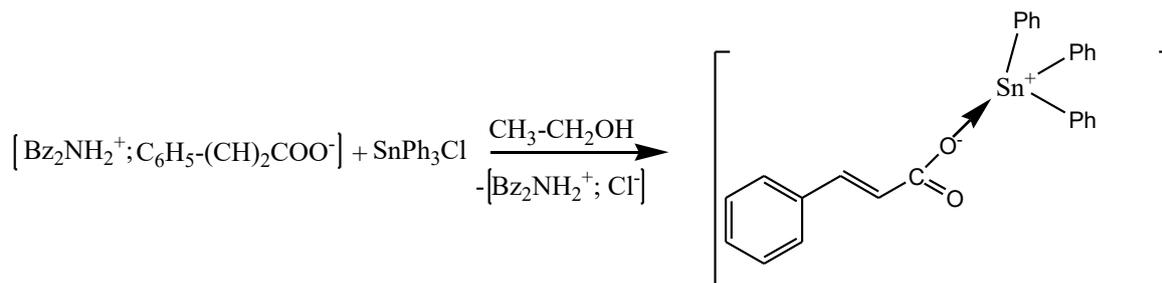


Figure 2 : synthèse du complexe 2  $[C_6H_5-(CH)_2-COO]^- [SnPh_3]^+$  obtenu à partir du sel  $[Bz_2NH_2^+][C_6H_5-(CH)_2-COO]^-$  ( $Bz_2NH =$  dibenzylamine)

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Etudes spectroscopiques

Les spectres IR des deux complexes  $C_1$  et  $C_2$  montrent une bande forte vers  $1570\text{ cm}^{-1}$  ( $1574\text{ cm}^{-1}$  pour  $C_1$  et  $1576\text{ cm}^{-1}$  pour  $C_2$ ) correspondant à la  $\nu\text{COO}^-$  et une bande moyenne vers  $1430\text{ cm}^{-1}$  ( $1430$  pour  $C_1$  et  $1429$  pour  $C_2$ ) correspondant  $\nu\text{COO}^-$ . Ces deux bandes montrent la présence de l'ion cinnamate  $\text{Ph}-(\text{CH})_2-\text{CO}_2^-$ . Les deux spectres présentent également un doublet à  $690\text{ cm}^{-1}$  et  $729\text{ cm}^{-1}$  en accord avec les vibrations de valence Sn-C dans les groupements  $\text{SnPh}_3$ . En haute fréquence, la disparition de l'absorption large des vibrations de valence  $\nu\text{NH} + \nu\text{OH}$  (bandes larges centrées  $3051$  et à  $2858\text{ cm}^{-1}$  pour  $L_1$  et  $L_2$  respectivement) montre une substitution du cation diammonium  $\text{R}_2\text{NH}_2^+$  ( $\text{R} = \text{Ph}-\text{CH}_2-$ ;  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_5-$ ) qui était lié à l'anion carboxylate dans les sels par le cation  $\text{SnPh}_3^+$  du précurseur  $\text{SnPh}_3\text{Cl}$  via une liaison Sn-O avec le carboxylate par liaison de coordination forte ou de Van Der Waals. La variation  $\Delta\nu$  (variation entre  $\nu\text{COO}^-$  et  $\nu\text{COO}^-$ ) et de  $144\text{ cm}^{-1}$  pour  $C_1$  et  $145\text{ cm}^{-1}$  pour  $C_2$  permettent de conclure que le ligand  $\text{Ph}-(\text{CH})_2-\text{CO}_2^-$  est bi-unidentate dans les deux complexes [3,15-18].

Les spectres UV des deux complexes  $C_1$  et  $C_2$  montrent la présence d'une bande d'absorption électronique vers  $262\text{ nm}$  qui est caractéristique des transitions  $\pi\text{---}\pi^*$  du noyau aromatique de l'ion cinnamate et autour de  $300\text{ nm}$ , une absorption large attribuée à la transition  $n\text{---}\pi^*$  avec un effet hypsochrome de  $5\text{ nm}$  du complexe  $C_1$  par rapport au sel  $L_1$  et un déplacement de  $12\text{ nm}$  du complexe  $C_2$  par rapport au sel  $L_2$ . Cet effet de perturbation est dû la complexation du métal Sn(IV), pouvant être attribuées à un transfert de charge ligand-métal [19-22] car l'atome d'étain devient pauvre en électrons mais aussi entouré d'un ligand riche en électrons.

Les déplacements chimiques de l'atome d'étain sur le spectre RMN  $^{119}\text{Sn}$  nous renseigne sur le type de coordination et l'environnement de l'atome d'étain central (Davies et al., 2004) [23]. Sur les spectres RMN  $^{119}\text{Sn}$  en solution dans le  $\text{CDCl}_3$  des complexes  $C_1$  et  $C_2$ , on note un signal assez large vers  $\delta = -112\text{ ppm}$  ( $\delta = -112.90\text{ ppm}$  pour  $C_1$  et  $\delta = -112.82\text{ ppm}$  pour  $C_2$ ) en accord, selon Holeček et al., 1983, avec un environnement tétracoordiné autour de l'atome d'étain (IV) [24, 25].

#### 3.2. Etude cristallographique :

Les données cristallographiques et les détails de raffinement sont résumés dans le tableau 1. Les longueurs et les angles de liaison sont représentés dans les tableaux 2 et 3.

Le composé **1**  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  dérivant du sel de dihexylammonium, cristallise dans un système monoclinique de groupe d'espace  $\text{P}2_1/\text{n}$  et le composé **2**  $[\text{Ph}-(\text{CH})_2\text{COO}^-][\text{SnPh}_3^+]$  dérivant du sel de dibenzylammonium, cristallise dans un système monoclinique de groupe d'espace  $\text{P}2_1/\text{c}$ . L'unité asymétrique des deux complexes (figure 3) est formée d'un ion carboxylate  $\text{C}_6\text{H}_5-(\text{CH})_2-\text{COO}^-$  monocoordiné à un résidu  $\text{SnPh}_3$ . L'environnement de l'atome d'étain (VI) étant tétraédrique, le résidu  $\text{SnPh}_3$  est relié à l'anion par une liaison de coordination de type O – Sn entre les atomes O1 et Sn1. Du point de vue supramoléculaire, les deux figures polymériques (figure 4 pour  $C_1$  et figure 5 pour  $C_2$ ) montrent des groupements  $\text{SnPh}_3$  transcoordinés par deux atomes O de deux ions carboxylates distincts, ceci aboutit à des atomes d'étain pentacoordinés.

Les longueurs de liaison Sn-O dans l'unité asymétrique sont presque égales dans les deux complexes. Pour le complexe  $C_1$ , nous avons Sn(1)-O(1) et Sn(1)-O(2)<sup>1</sup> qui sont égales respectivement à  $2,2690(19)$  et  $2,2298(17)\text{ \AA}$  et pour le complexe  $C_2$ , nous avons Sn(1)-O(1) et Sn(1)-O(2)<sup>1</sup> qui sont égales respectivement à  $2,1869(17)$  et  $2,3326(16)\text{ \AA}$ .

L'angle O-Sn-O vaut  $171,95^\circ$  pour le complexe  $C_1$  et  $172,26^\circ$  pour le complexe  $C_2$ , qui sont des valeurs différentes de  $180^\circ$  ceci permet de dire que le squelette O-Sn-O n'est pas parfaitement linéaire dans les deux complexes.

La somme des angles C(ipso)-Sn-C(ipso) est égale à  $359,99$  pour le complexe  $C_1$  et  $359,64^\circ$  pour le complexe  $C_2$ . Ces valeurs sensiblement égales à  $360^\circ$ , montre un résidu  $\text{SnPh}_3$  plan de symétrie  $\text{D}_{3h}$  [26] donc une transcoordination presque parfaite du groupement  $\text{SnPh}_3$ .

Dans la structure moléculaire du complexe  $C_2$ , l'angle formé par les atomes C10-Sn1-C16 est :  $108,81^\circ$  (10), mais qui est plus petit que l'angle formé par les atomes C10-Sn1-C16 du complexe  $C_1$  qui vaut :  $117,69^\circ$ (10). Les angles C-Sn-O sont tous presque égales à  $90^\circ$  dans les deux complexes.

La figure 4 représente la structure polymérique du complexe  $C_1$  dérivant du ligand cinnamate de dihexylammonium dans le plan [100] relié par des monomères de formule  $[\text{C}_6\text{H}_5-(\text{CH})_2-\text{COO}^-; \text{SnPh}_3^+]$ . Dans cette structure, toutes les liaisons Sn(1)-O(2) et Sn(1)-O(1) sont des liaisons covalentes avec des distances respectives de  $2,269\text{ \AA}$  et  $2,2298\text{ \AA}$  [3].

Par contre la figure 5, nous montre la structure polymérique du complexe  $C_2$  représenté dans le plan [100]. La structure montre des liaison de coordination de types Sn(1)---O(2) qui relie les unité asymétriques beaucoup plus faibles que les liaisons Sn-O dans  $C_1$  avec une valeur de  $3,247\text{ \AA}$  [Sn(1) ---O(2) =  $3,247\text{ \AA}$ ] qui sont très proches des liaisons de Van Der Waals ( $3,58\text{ \AA}$ ) [4].

**Tableau 1** : Données cristallographiques, Conditions de la collecte et Résultats de l'affinement pour les complexes C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>

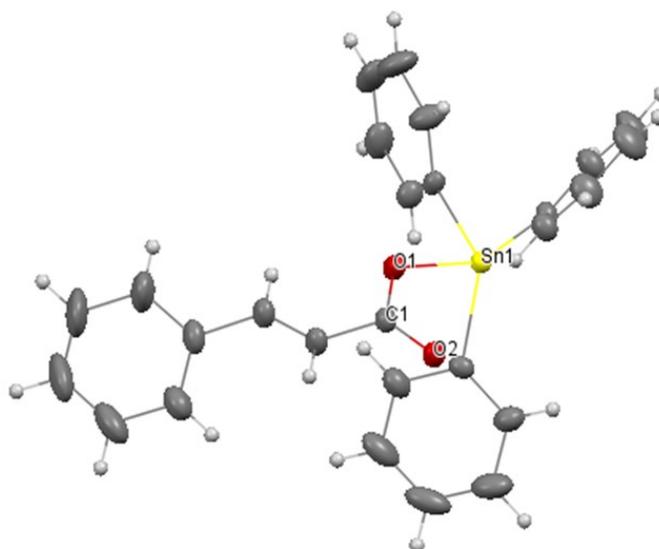
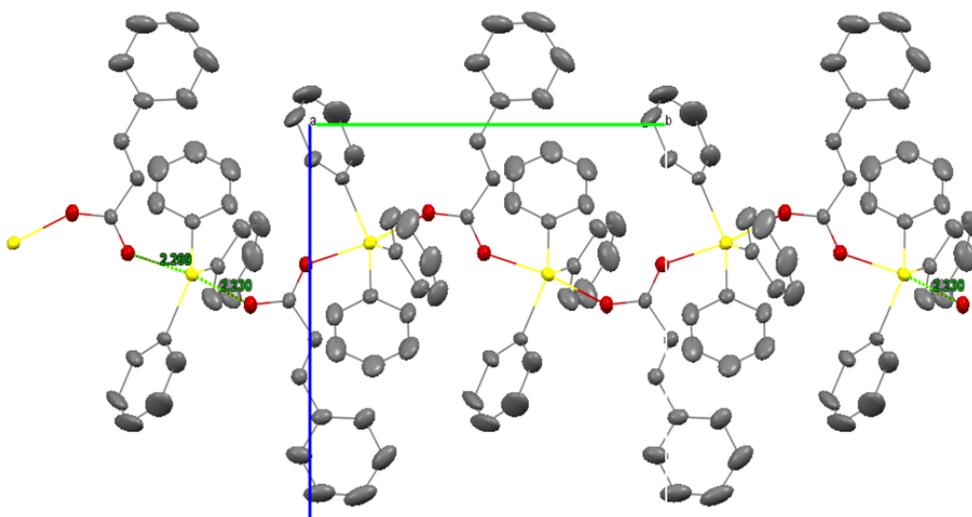
COMPLEXES	COMPLEXE C <sub>1</sub>	COMPLEXE C <sub>2</sub>
FORMULE EMPIRIQUE	C <sub>27</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> Sn	C <sub>27</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub> Sn
POIDS DE LA FORMULE	497,13	497,13
TEMPERATURE /K	295	295
SYSTEME CRISTAL	monoclinique	monoclinique
GROUPE D'ESPACE	P2 <sub>1</sub> /n	P2 <sub>1</sub> /c
A/Å	12,81539(10)	9,52630(10)
B/Å	11,48186(8)	10,15700(10)
C/Å	16,07052(12)	24,1129(2)
A/°	90	90
B/°	102,3485(7)	100,7340(10)
Γ/°	90	90
VOLUME/Å <sup>3</sup>	2309,98(3)	2292,31(4)
Z	4	4
P <sub>CALC</sub> G /CM <sup>3</sup>	1,429	1,440
μ/MM <sup>-1</sup>	8,944	9,013
F(000)	1000,0	1000,0
TAILLE DU CRISTAL/MM <sup>3</sup>	0,34 × 0,2 × 0,16	0,3 × 0,12 × 0,1
RADIATION	Cu Kα (λ = 1,54184)	Cu Kα (λ = 1,54184)
2Θ PLAGE DE COLLECTE DE DONNEES/°	8,036 à 152,006	7,464 à 152,006
PLAGES D'INDICES	-16 ≤ h ≤ 16, -14 ≤ k ≤ 14 -20 ≤ l ≤ 20	-11 ≤ h ≤ 11, -12 ≤ k ≤ 12, -29 ≤ l ≤ 30
REFLEXIONS COLLECTEES	38112	46999
REFLEXIONS INDEPENDANTES	4814 [ R <sub>int</sub> = 0,0461, R <sub>sigma</sub> = 0,0225]	4774 [ R <sub>int</sub> = 0,0505, R <sub>sigma</sub> = 0,0237]
DONNEES/CONSTRAINTES/PARAMETRES	4814/0/271	4774/0/272
QUALITE D'AJUSTEMENT SUR F <sup>2</sup>	1031	1,031
INDICES R FINAUX [I ≥ 2Σ (I)]	R1 = 0,0363, wR2 = 0,0962	R1 = 0,0317, wR2 = 0,0827
INDICES R FINAUX [TOUTES LES DONNÉES]	R1 = 0,0378, wR2 = 0,0992	R1 = 0,0327, wR2 = 0,0846
LE PLUS GRAND DIFF. PIC / TROU / E Å <sup>-3</sup>	0,99/-0,78	1,10/-0,71

**Tableau 2** : Les liaisons principales et angles du complexe C<sub>1</sub>

Liaisons principales	Valeurs	Angles	Valeurs
Sn1 O1	2,2690(19)	O2 <sup>1</sup> Sn1 O1	171.95(7)
Sn1 O2 <sup>1</sup>	2,2298(17)	C10 Sn1 O1	92.22 (8)
Sn1 C10	2,121(2)	C10 Sn1 O2 <sup>1</sup>	92.03 (9)
Sn1 C16	2,135(2)	C10 Sn1 C16	117.69 (10)
Sn1 C22	2,120(3)	C22 Sn1 C10	122.36 (10)
O1 C1	1,271(3)	C22 Sn1 C16	119.94 (11)
O2 C1	1,258(3)	C16 Sn1 O1	86.36 (9)
C1 C2	1,474(3)	C16 Sn1 O2 <sup>1</sup>	85.61 (9)
		C22 Sn1 O1	91.28 (9)
		C22 Sn1 O2 <sup>1</sup>	92.22 (9)

**Tableau 3** : Les liaisons principales et angles du complexe C<sub>2</sub>

Liaisons principales	Valeurs	Angles	Valeurs
Sn1 O1	2,1869(17)	O2 <sup>1</sup> Sn1 O1	172,26(6)
Sn1 O2 <sup>1</sup>	2,3326(16)	C10 Sn1 O1	90,70 (8)
Sn1 C10	2,126(2)	C10 Sn1 O2 <sup>1</sup>	88,31 (7)
Sn1 C16	2,134(2)	C10 Sn1 C16	108,81 (10)
Sn1 C22	2,134(3)	C22 Sn1 C10	116,46 (10)
O1 C1	1,272(3)	C22 Sn1 C16	134,37(10)
O2 C1	1,260(3)	C16 Sn1 O1	96,28 (8)
C1 C2	1,476(3)	C16 Sn1 O2 <sup>1</sup>	85,61 (9)
		C22 Sn1 O1	91,28 (9)
		C22 Sn1 O2 <sup>1</sup>	88,78 (8)

**Figure 3** : Unité Asymétrique du complexe C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> en ellipsoïde avec une probabilité de 30%**Figure 4** : Structure polymérique du complexe C<sub>1</sub> montrant les liaisons de coordination Sn-O (2,269 Å)



- [21] H. H. Mihsen, S. K. Abass, A. K. Abass, K. A. Hussain, Z. F. Abbas, *Asian Journal of Chemistry.*, 30 (2018), 2277.
- [22] S. Pandiyan, L. Arumugam, S. P. Srirengan, R. Pitchan, P. Sevugan, K. Kannan, V. Gandhirajan, *ACS omega.*, 5 (2020), 30363.
- [23] A. G. Davies, *Organotin chemistry.*, 10 (2006), 203.
- [24] J. Holeček, M. Nadyornik, K. Handlír, A. Lyčka, *J. Organomet. Chem.*, 241 (1983), 177.
- [25] A. S. Sougoule, X. Xiao, C. A. Balde, A. M. Sakho, D. Zhu, *Heteroatom Chemistry.*, 26 (2015), 270.
- [26] K. Nakamoto, *Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination.*, 5<sup>th</sup> edition (1997).