

Table des matières

Table des

matières.....

2

Abreviations et

sigles.....

7

Liste des

figures.....

9

Liste des tableaux

.....

12

Remerciements

.....

13

Résumé de la

thèse.....

15

Abstrat

.....

.....	16
Resumen (Castellano).....	
.....	17
Resum (Valencià).....	
.....	18
INTRODUCTION GENERALE	
.....	
.....	19
CHAPITRE I : GENERALITE SUR L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	
.....	23
I.1.	
Introduction.....	
.....	24
I.2. Soleil, un réservoir d'énergie	
.....	
.....	24
I.2.1. Transfert radiatif et bilan énergétique	
.....	

.24

I.2.2. Répartition moyenne annuelle de l'énergie solaire

.....25

I.3. Cellules solaires photovoltaïques.....

..... 29

I.3.1. Fonctionnement d'une cellule solaire photovoltaïque.....

...29

I.3.2. Circuit équivalent.....

.....30

I.3.3. Paramètres des cellules photovoltaïques.....

.....31

I.3.3.1. Courant de court-circuit.....

.....32

I.3.3.2. Tension à circuit ouvert.....

.....32

I.3.3.3. Facteur de forme

.....

.....32

I.3.3.4. Rendement de conversion (η)

.....

.....32

I.4. Technologies des cellules solaires photovoltaïques.....

..... 33

I.4.1. Cellules solaires de première génération

.....

33

I.4.2. Cellules solaires de deuxième génération

.....

34

I.4.3. Cellules solaires de troisième génération.....

.....35

I.5. Stabilité des cellules solaires de type pérovskites : un défi à relever..... 35

I.6. Conclusion

.....
..... 36

Références chapitre

I.....
.....37

CHAPITRE II : COUCHES MINCES A PEROVSKITES ET LEURS TECHNIQUES EXPERIMENTALES STANDARDS DE DEPOTS ET DE CARACTERISATIONS

.....
42

II.1. Introduction

.....
..... 43

II.2. Couches minces à pérovskites

.....

.....	43
II.2.1. Pérovskites de types ABX ₃	43
.....	43
II.2.2. Structures cristallines.....	43
.....	43
II.2.3. Stabilité de la structure.....	45
.....	45
II.2.4. Propriétés optiques	46
.....	46
II.2.5. Propriétés électriques.....	47
.....	47
II.3. Applications	48
.....	48
II.4. Techniques expérimentales standards de dépôts.....	

II.4.1. Procédés de dépôt physique.....

.....50

II.4.1.1. Evaporation sous vide

.....

.....50

II.4.1.2. Ablation

laser.....

.....51

II.4.1.3. Pulvérisation

cathodique.....

.....51

II.4.2. Méthodes de dépôt

chimique.....

.....51

II.4.2.1. Méthodes Sol-gel

.....

.....52

II.4.2.1.1. Spin-

Coating.....

.....52

II.4.2.1.2. Dip-Coating

.....
.....53

II.4.2.2. Spray

pyrolyse.....
.....55

II.5. Techniques de caractérisations des
couches

minces..... 55

II.5.1. Diffraction des rayons-
X.....

.....55

II.5.1.1. Appareillage et

fonctionnement.....
.....57

II.5.2. Microscopie Electronique à
Balayage

(MEB).....
...58

II.5.2.1. Diffusion des

électrons.....	
.....	58
II.5.2.1.3. Détecteur Everhart-Thornley	
.....	
.59	
II.5.2.2. Principes de fonctionnement	
.....	
.....	59
II.5.3. Spectroscopie de rayons-X à Dispersion d'Énergie (EDS)	
.....	60
II.5.4. Microscopie à Force Atomique (AFM)	
.....	
.62	
II.5.5. Absorption UV-visible	
.....	
.....	62
II.5.6. Photoluminescence (PL).....	
.....	64

II.5.7. Microscopie Electronique à
Transmission (TEM)

.....64

II.5.8. Spectroscopie Ramann

.....65

II.6.

Conclusion.....

..... 66

Références chapitre II

.....67

CHAPITRE III : TECHNIQUES

EXPERIMENTALES DE DEPOT ET DE

CARACTERISATIONS DES COUCHES

MINCES PEROVSKITES ELABOREES

.....76

III.1.

Introduction.....

..... 77

III.2. Matériels utilisés pour l'élaboration des couches minces

..... 77

III.2.1. Présentation des appareils de dépôt.....
.....77

III.2.2. Principe de fonctionnement des appareils d'élaboration des couches minces à pérovskites.....
.....
78

III.2.2.1. Spin-coater.....
.....78

III.2.2.2. Plaque chauffante
.....
.....78

III.3. Procédures expérimentales
.....
..... 78

III.3.1. Choix et traitement des substrats79
III.3.1.1. Choix des substrats79
III.3.1.2. Traitement des substrats79
III.3.2. Préparation des poudres pérovskites81
III.3.2.1. Préparation des poudres MAPbBr ₃ , MAPbI ₃ et MAPbCl ₃81
III.3.2.2. Rendements des poudres de pérovskites préparées82
III.3.3. Préparation des solutions pour les différents dépôts82

III.3.3.1. Solutions pérovskites à partir des poudres MAPbBr₃, MAPbI₃ et MAPbCl₃ préparées

.....
.....83

III.3.3.2. Solution pérovskites de MAPbX₃ et des halogénures

mixtes.....84

III.3.3.3. Solution pérovskites de MA1-XFAXPbBr₃.....

.....85

III.3.3.4. Solution pérovskites de FA1-XMAXPbBr₃.....

.....86

III.3.3.5. Solution de CsPbX₃

.....
.....87

III.3.3.6. Solution de CsPb1-XSnXI1.5Br1.5.....

.....89

III.3.3.7. Procédure de dépôt des couches

minces.....	89
III.4. Techniques de caractérisation des couches minces élaborées.....	90
III.4.1. Composition structurale.....	90
III.4.1.1. Diffraction des rayons X (XRD).....	90
III.4.1.1.4. Principe de fonctionnement.....	91
III.4.1.1.5. Exploitation des spectres XRD.....	92
III.4.1.1.6. Détermination de la taille des grains.....	92
III.4.1.1.7. Détermination des distances	

interréticulaires et paramètres de maille.....92

III.4.2. Caractérisation optique ou propriétés optiques.....

93

III.4.2.1. Détermination du coefficient d'absorption.....

.....94

III.4.2.2. Détermination de l'énergie de la bande interdite

E_g94

III.4.3. Topographie de surface et composition stœchiométrique

.....95

III.4.3.1. Morphologies de surface des films.....

.....95

III.4.4. Rugosité des films.....

.....96

III.5. Conclusion

.....
..... 97

Références chapitre

III.....
.....98

CHAPITRE IV : RESULTATS ET

DISCUSSION.....
.....101

IV.1.

Introduction.....
..... 102

IV.2.

Résultats.....
..... 102

IV.2.1. Résultats de l'élaboration des
poudres.....
.....102

IV.2.2. Couches minces MAPbBr₃, MAPbI₃
et MAPbCl₃ obtenues à partir des poudres
.....102

IV.2.2.1. Analyse des propriétés
structurales

.....
102

IV.2.2.2. Analyse de la morphologie des
surfaces des
couches.....104

IV.2.2.3. Analyse des propriétés optiques
des
couches.....
104

IV.2.3. Couches minces MAPbBr₃, MAPbI₃
et MAPbCl₃ et halogénures
mixes.....105

IV.2.3.1. Analyse des propriétés
structurales

.....
105

IV.2.3.2. Analyse de la morphologie des
surfaces des
couches.....107

IV.2.3.3. Analyse des propriétés optiques
des couches par absorption UV-visible

.....108

IV.2.3.4. Etude de dégradation

.....
.....109

IV.2.4. Couches minces CsPbX₃ et
halogénures mixes

.....112

IV.2.4.1. Analyse des propriétés
structurales des

couches.....112

IV.2.4.2. Analyse de la morphologie des
surfaces des

couches.....114

IV.2.4.3. Analyse des propriétés optiques
des

couches.....
115

IV.2.4.4. Analyse de la rugosité des
couches

.....
116

IV.2.4.5. Etude de degradation

.....117

IV.2.5. Couches minces MA1-XFAXPbBr3

.....120

IV.2.5.1. Analyse des propriétés
structurales des

couches.....120

IV.2.5.2. Analyse de la morphologie des
surfaces des

couches.....121

IV.2.5.3. Analyse des propriétés optiques
des

couches.....

122

IV.2.5.4. Etude de dégradation

.....124

IV.2.6. Couches minces FA1-XMAXPbBr3

.....126

IV.2.6.1. Analyse des propriétés
structurales des

couches.....126

IV.2.6.2. Analyse de la morphologie des
surfaces des

couches.....127

IV.2.6.3. Analyse des propriétés optiques
des

couches.....
128

IV.2.6.4. Etude de dégradation

.....129

IV.2.7. Couches minces CsPb1-
XSnXI1.5Br1.5.....

.....131

IV.2.7.1. Analyse des propriétés
structurales des

couches.....	131
IV.2.7.2. Analyse de la morphologie des surfaces des couches.....	132
IV.2.7.3. Analyse des propriétés optiques des couches.....	133
IV.2.7.4. Etude de dégradation.....	134
IV.3. Conclusion.....	135
Références chapitre IV.....	137
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	146

Publications dans les
revues.....
.....149

Présentations
orales.....
.....151