

T2.3.4 Mosaïque des données des radar météo disponibles sur le territoire de la Programmation

Consorzio LAMMA

NOVEMBRE 2020



Ce travail a été développé dans le cadre de l'activité A3 «Nowcasting à partir de la mosaïque des données radar météorologique» du projet PROTERINA-3Évolution et a été développé par le personnel du Consortium LAMMA en collaboration avec les autres partenaires du projet. Voici les noms des personnes qui ont travaillé dans le projet:

PARTNER	NOMINATIVO/NOMINATIF
LAMMA	Andrea Antonini
LAMMA	Simone Cristofori
LAMMA	Luca Fibbi
LAMMA	Bernardo Gozzini
LAMMA	Riccardo Mari
LAMMA	Samantha Melani
LAMMA	Alberto Ortolani
LAMMA	Luca Rovai
LAMMA	Aldo Sonnini
LAMMA	Massimo Viti
Regione Liguria	Francesca Giannoni
Regione Liguria	Paolo Gollo
Regione Liguria	Francesco Silvestro
Regione Sardegna	Francesco Tola
ARPAS	Francesco Nasir
ARPAS	Carlo Dessy
ARPAS	Giacomo Agrillo

Sommaire

1. Introduction.....	3
2. MISE EN ŒUVRE DE LA MOSAIQUE	4
2.1. RADAR MÉTÉOROLOGIQUE DISPONIBLES.....	5
2.1.1. SETTEPANI.....	5
2.1.2. MONT VIAL.....	6
2.1.3. ALERIA	7
2.1.4. ELBA.....	9
2.1.5. MONTE VERRUGOLI	10
2.1.6. LIVORNO	11
2.1.7. MONTE RASU	12
2.2. LA MOSAICATURE DES DONNÉES RADAR.....	13
2.2.1. ÉCHANGE DE DONNÉES RADAR.....	15
2.2.2. LA PROCÉDURE DE MOSAICATURE	15
3. Conclusions et développements futurs	16
3.1 Développements futurs: procédures d'estimation des précipitations mises à jour en temps réel	16
3.2. Expériences préparatoires d'assimilation pour une chaîne opérationnelle d'assimilation de données radar, mesures de surface, mesures par satellite et ZPD-GNSS	17
4. Bibliographie	20

1. Introduction

L'activité de radar météorologie du projet PROTERINA 3E avait pour objectif principal de capitaliser ce qui avait déjà été mis en œuvre par les précédents projets RESMAR et PROTERINA-2 dans la programmation précédente (2007-2013). L'existence d'une série de radars météorologiques, certains récemment mis à jour, avec la couverture de l'espace maritime entre la Région PACA, la Toscane, la Ligurie, la Corse et la Sardaigne, a créé les conditions d'une infrastructure de partage des informations fournies par les différents systèmes.

Les problèmes liés aux inondations dans les régions du projet sont souvent liés à des systèmes de précipitation qui arrivent de la mer. Sur la mer, ils sont chargés d'humidité et

donc d'énergie. L'idée d'optimiser le suivi de ces événements météorologiques en mer, afin d'observer leur propagation vers les côtes, est à la base de cette activité et des activités des projets précédents.

Le résultat de cette activité est une plateforme d'échange et de partage et de mosaïque de données radar convertie au format ODIM BUFR d'OPERA, capable de produire des informations quantitatives intégrées destinées à être utilisées aux fins de nowcasting.

Ce document décrit les activités du projet Proterina-3E visant la mise en œuvre de cette mosaïque des radars météorologiques.

2. MISE EN ŒUVRE DE LA MOSAÏQUE

Avec l'objectif de créer la mosaïque, la première activité réalisée a été l'identification de tous les radars météorologiques présents sur le territoire des régions et l'évaluation de leur inclusion dans la mosaïque radar. Ci-dessous une liste de tous les systèmes radar étudiés et pris en compte pour la mosaïque:

RADAR	ENTE GESTORE/CORP DE GESTION	CARATTERISTICHE/ CARACTÉRISTIQUES
Aleria - Corsica	Meteo France	Banda S, doppler
Ajaccio - Corsica	Meteo France	Banda C, doppler, polarimetrico
Settepani - Liguria	ARPAL	Banda C, doppler, polarimetrico
Mont Vial - PACA	Novimet	Banda X, doppler, polarimetrico
Elba - Toscana	LAMMA	Banda X
Monte Verrugoli - Liguria	LAMMA	Banda X
Livorno - Toscana	Autorità di Sistema Portuale + LAMMA	Banda X
Monte Rasu - Sardegna	ARPAS	Banda C
Capo Caccia - Sardegna	Aeronautica Militare	Banda C
Monte Armidda - Sardegna	Dipartimento Centrale Nazionale Protezione Civile	Banda C
Monte Crocione - Toscana	Dipartimento Centrale Nazionale Protezione Civile	Banda C

Parmi les systèmes énumérés ci-dessus, seule une partie (surlignée en vert) est devenue disponible pour les activités du projet. Cependant, il reste techniquement possible d'intégrer les autres systèmes radar au sein de la mosaïque. Dans le chapitre suivant, seront listés et décrits les radars météorologiques traités et les mosaïque du projet.

2.1. RADAR MÉTÉOROLOGIQUE DISPONIBLES

2.1.1. SETTEPANI

Monte Settepani	
Luogo installazione / Lieu installation	Monte Settepani
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 44.247, Lon 9.199, h 1387m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda C (frequenza operativa: 5300-5825MHz) C band (fréquence de fonctionnement: 5300-5825MHz)
range	170 km (scansione primaria), 250 km (scansione secondaria) 170 km (scan principal), 250 km (scan secondaire)
potenza di picco/ pic puissance	440 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	500 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1°
elevazioni/élévation s	-0.3°, 0.7, 2.1°, 4°, 6.4°, 9.7°, 15°, 28.5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	5 minuti / 5minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	SI
misure Doppler / mesures Doppler	SI
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, riflettività differenziale, velocità radiale, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV / Volumes polaires de réflectivité, réflectivité différentielle, vitesse radiale, phase différentielle, coefficient de corrélation HV

compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato ODIM-HDF5, disponibili i volumi polari / OUI - Format ODIM-HDF5, volumes polaires disponibles
note / notes	<p> Radar di proprietà di ARPA Piemonte e Regione Liguria, gestito per la Liguria da ARPA Liguria. Mappa radar non georiferita visualizzata su sito di Monitoraggio della Regione Liguria (omirl.regione.liguria.it) aperta al pubblico. Mappa radar georiferita con mosaico con radar francese di Mont Vial visualizzata su sito di Monitoraggio della Regione Liguria (omirl.regione.liguria.it) sotto password per operatori del Centro Funzionale e Tecnici Comunali / Radar appartenant à ARPA Piemonte et Regione Liguria, géré pour la Ligurie par ARPA Liguria. Carte radar non géoréférencée affichée sur le site Web de surveillance de la région de la Ligurie (omirl.regione.liguria.it) ouvert au public. Carte radar géoréférencée avec mosaïque radar française du Mont Vial affichée sur le site de surveillance de la région de la Ligurie (omirl.regione.liguria.it) sous mot de passe pour les opérateurs du centre fonctionnel et les techniciens municipaux </p>

2.1.2. MONT VIAL

Mont Vial	
Luogo installazione / Lieu installation	Mont Vial
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 43.894, Lon 7.152, h 1525 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9300-9500MHz) X band (fréquence de fonctionnement: 9300-9500MHz)
range	150 km
potenza di picco/ pic puissance	80 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	500 m

ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1,5°
elevazioni/élévations	-1°, 0.4°, 1.2°, 2.4°, 4.0°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	2.5 - 5 minuti / 2.5 - 5 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	SI
misure Doppler / mesures Doppler	SI
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, riflettività differenziale, velocità radiale, ampiezza spettrale doppler, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV / Volumes polaires de réflectivité, réflectivité différentielle, vitesse radiale, Amplitude spectrale Doppler, phase différentielle, coefficient de corrélation HV
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	NO - necessario un programma per la conversione in formato ODIM-HDF5, disponibili i volumi polari / NON - un programme de conversion au format ODIM-HDF5 est requis, les volumes polaires sont disponibles
note / notes	Radar di proprietà di Novimet a cui ARPA Piemonte e Regione Liguria hanno accesso nell'ambito di un accordo maturato durante il progetto URAMET del Programma Interreg V-A Francia - Italia - Alcotra 2014-2020. / Radar appartenant à Novimet auquel ARPA Piemonte et la Région Ligurie ont accès dans le cadre d'un accord mûri lors du projet URAMET du programme Interreg V-A France - Italia - Alcotra 2014-2020.

2.1.3. ALERIA

Aleria	
Luogo installazione / Lieu installation	Aleria

coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 42° 07' 47.144 ° N, Lon 09° 29' 47.0000 E, h 50.1 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	bande S (fréquence 2,8 GHz)
range	256km
potenza di picco/ pic puissance	620kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	1km
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	1.28°
elevazioni/élévations	0.6°/1°/1.40/3.2°/4.5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	SI, mesures de 60 m/s a 60 m/s
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività,
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari
note / notes	

2.1.4. ELBA

Elba	
Luogo installazione / Lieu installation	Elba
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 42.800327, Lon 10.392059, h 440 m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz) X band (fréquence de fonctionnement: 9400-9500 MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	90 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévation s	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti / 15 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività / volumes de réflectivité

compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari / OUI - Format BUFR, volumes polaires disponibles
note / notes	

2.1.5. MONTE VERRUGOLI

Verrugoli	
Luogo installazione / Lieu installation	Verrugoli
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 44.106584 N, Lon 9.764120 E, h 780m slm
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz) X band (fréquence de fonctionnement: 9400-9500 MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	90 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévations	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti / 15 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO

misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività / volumes de réflectivité
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari / OUI - Format BUFR, volumes polaires disponibles
note / notes	

2.1.6. LIVORNO

Livorno	
Luogo installazione / Lieu installation	Livorno
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 43.562249, Lon 10.304041, h 77m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda X (frequenza operativa: 9400-9500MHz) X band (fréquence de fonctionnement: 9400-9500 MHz)
range	108 km
potenza di picco/ pic puissance	10 kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	450 m
ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	3°
elevazioni/élévation s	0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, 5°

risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	15 minuti / 15 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	NO
misure Doppler / mesures Doppler	NO
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi di riflettività / volumes de réflectivité
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - formato BUFR, disponibili i volumi polari / OUI - Format BUFR, volumes polaires disponibles
note / notes	Radar di proprietà di Autorità Portuale di Livorno e gestito dal Consorzio LaMMA / Radar appartenant à l'autorité portuaire de Livourne et géré par le consortium LaMMA

2.1.7. MONTE RASU

Monte Rasu	
Luogo installazione / Lieu installation	Monte Rasu (Bono)
coordinate geografiche / coordonnées géographiques	Lat 40.75583, Lon 9.00527, h 1259m
Caratteristiche Tecniche / Caractéristiques Techniques	
banda di frequenze / bande de fréquences	Banda C (frequenza operativa: 5430-5800 MHz) Bande C (fréquence de fonctionnement: 5430-5800 MHz)
range	Massimo circa 500km; usualmente circa 200km / Maximum environ 500 km; généralement environ 200 km
potenza di picco/ pic puissance	500kW
risoluzione spaziale / résolution spatiale	Minima 15m; usualmente 300m / Minimum 15m; généralement 300m

ampiezza del fascio d'antenna / amplitude du faisceau d'antenne	<0.95°
elevazioni/élévations	0.0°,0.7°,1.5°, 2.5°, 3.6°, 5.0°, 6.5°, 8.4°, 10.6°, 13.3°, 16.3°, 20.0°
risoluzione temporale scansioni / resolution temporelle des scans	10 minuti / 10 minutes
misure doppia polarizzazione / mesures à double polarisation	si
misure Doppler / mesures Doppler	si
elenco prodotti disponibili / liste des produits disponibles	Volumi polari di riflettività, velocità radiale, riflettività differenziale, fase differenziale, coefficiente di correlazione HV, prodotti doppia polarizzazione / Volumes polaires de réflectivité, vitesse radiale, réflectivité différentielle, phase différentielle, coefficient de corrélation HV, produits de double polarisation
compatibilità con formato ODIM OPERA/ compatibilité avec le format ODIM OPERA	SI - Formato BUFR 3.2, disponibili i volumi polari / OUI - Format BUFR 3.2, volumes polaires disponibles
note / notes	

Le projet Proterina 3E a financé la modernisation des systèmes radar installés à Castiglione della Pescaia et sur l'île d'Elbe. La mise à niveau a permis apporter une résolution spatiale à 90m et de rendre le système moins vulnérable aux phénomènes de foudre, en utilisant des connexions optiques pour la communication entre le système de transmission et le système de contrôle. Par ailleurs, le radar Castiglione Della Pescaia a été déplacé à Monte Verrugoli, dans le cadre des activités du projet SICOMAR PLUS, qui présente diverses synergies avec le projet PROTERINA 3E.

2.2. LA MOSAICATURE DES DONNÉES RADAR

Le flux de données inséré dans la mosaïque implémentée est visible dans le diagramme ci-dessous.

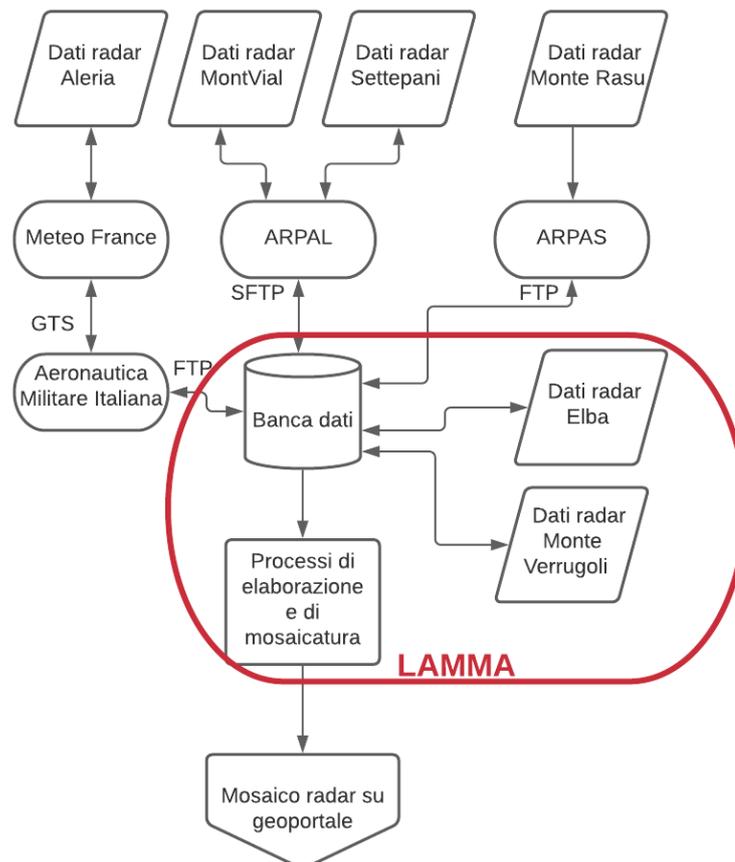


Figura 1 Diagramme de flux de données relatif à la mosaïque radar

Comme déjà établi dans les projets de la programmation passée (RESMAR, PROTERINA-2), la norme choisie pour l'échange de données du radar météorologique utilisé est la norme ODIM (OPERA Data Information Model), qui fournit deux formats possibles pour les données radar: HDF5 et BUFR. La norme ODIM a été choisie car elle a été adoptée au niveau européen dans le but d'échanger des données radar dans le cadre du programme OPERA. Les radars français sont déjà distribués et échangés dans ce format depuis un certain temps, et tous les systèmes du réseau radar italien adoptent également ce format d'échange.

Les données des différents radars sont collectées pour un traitement ultérieur au centre de calcul LAMMA.

2.2.1. ÉCHANGE DE DONNÉES RADAR

Les différentes entités impliquées adoptant des politiques d'échange et de collecte de données différentes, il était nécessaire d'activer divers canaux d'échange de données.

- L'échange de données avec Météo France pour le radar Aleria, actif depuis 2014, implique une procédure automatisée qui utilise la plateforme GTS (Global Telecommunication System) pour envoyer des données à l'armée de l'air italienne. Ce dernier envoie ensuite les données au Consortium LAMMA via le protocole FTP.
- L'échange de données avec ARPAL s'effectue via le protocole SFTP (SSH File Transfer Protocol)
- L'échange de données avec ARPAS s'effectue via le protocole FTP (File Transfer Protocol)

2.2.2. LA PROCÉDURE DE MOSAÏCATURE

Les procédures de création de la mosaïque ont été implémentées en python pour permettre l'utilisation du programme informatique WradLib (An Open Source Library for Weather Radar Data Processing), spécialement conçu et construit pour le traitement des données de radar météorologiques, conjointement avec d'autres systèmes d'observation (tels que les pluviomètres).

Nous procédons ensuite à une étape de géoréférencement des observations de chaque système et de chaque scan. En d'autres termes, un géoréférencement de chaque cellule radar est effectué, obtenant les coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur.

Les données collectées au format BUFR et HDF5 sont des volumes polaires, c'est-à-dire des observations qui rapportent toutes les mesures effectuées par les différents systèmes radar dans un système de référence en coordonnées polaires référencées au point de transmission radar.

Le mode opératoire implique la conversion du format BUFR en geoTIFF, un format d'image géoréférencé qui peut donc être inséré immédiatement dans les systèmes SIG. A ce stade, les images géoréférencées des différents systèmes radar peuvent être traitées dans le même système de référence et superposées.

L'étape suivante consiste à les représenter conjointement dans un composite. Pour des raisons de visualisation, il a été décidé d'utiliser un mode de visualisation bidimensionnel, représentant sur chaque pixel la valeur de réflectivité maximale obtenue sur la colonne verticale (Vertical Maximum Intensity = VMI). La mosaïque est également représentée avec

un GeoTIFF et affichée sur le géoportail du Consortium LAMMA (<https://www.lamma.toscana.it/mosaici-radar>) dans une page spécialement mise en place pour le projet (https://geoportale.lamma.toscana.it/radar_mosaico/index.html)

Mosaico Radar

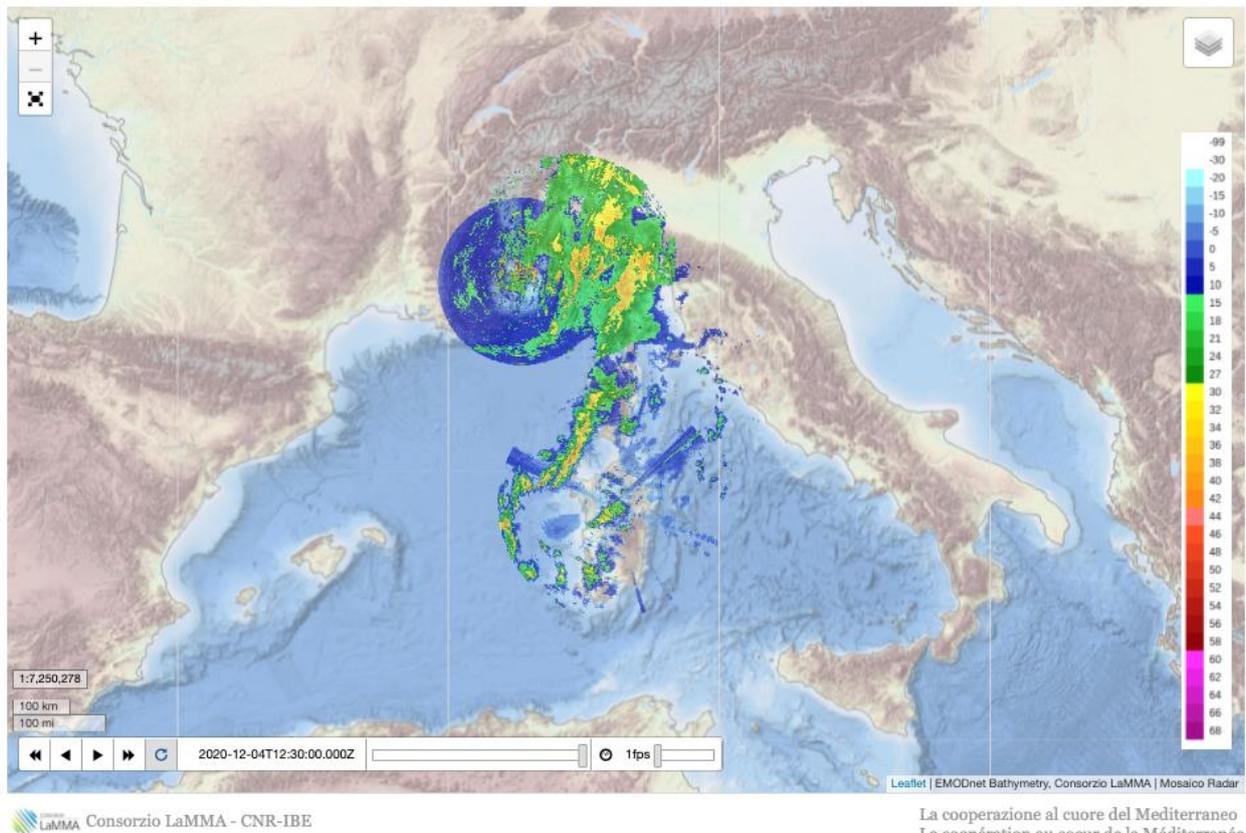


Figura 2. Esempio di visualizzazione sulla pagina della mosaïque radar del progetto PROTERINA 3^E
https://geoportale.lamma.toscana.it/radar_mosaico/index.html

3. Conclusions et développements futurs

3.1 Développements futurs: procédures d'estimation des précipitations mises à jour en temps réel

Le produit mis en place pour le projet est un outil pour la vision en temps réel des systèmes de précipitations en place, et la caractérisation de l'aléa et de son évolution à très court terme (quelques heures). Le chevauchement partiel des portées des différents radars constitue un point fort du réseau d'observation, car la redondance des mesures peut permettre une meilleure analyse des événements précipitants.

De l'analyse des cartes, certains aspects critiques sont apparus même pendant des récentes périodes d'alerte météorologique:

- Les radars fonctionnent sur des fréquences différentes et fournissent des informations qui ne sont pas toujours quantitativement cohérentes.
- Certains radars ont un fouillis terrestre et maritime et d'autres signaux dérangeants (réseaux WiFi, etc ...)
- Tous les radars n'ont pas le même horaire pour les scans
- La mosaïque se réfère exclusivement à la valeur de réflectivité maximale le long de la colonne verticale

Malgré ces aspects critiques, le produit de la mosaïque radar a été testé sur certaines études de cas en utilisant également différentes techniques de «fusion de données» avec d'autres mesures d'observation. En particulier, sur un événement très intense survenu en septembre 2017 à Livourne, une étude a été menée sur le traitement quasi-temps réel des mesures disponibles à partir des radars et pluviomètres [1]. L'étude réalisée montre que l'utilisation conjointe des mesures peut être très utile pour dépasser les limites d'observation des systèmes individuels, et donc avoir une observation intégrée. En effet, avec le système radar, il a été possible d'observer l'événement de manière plus détaillée, et l'étalonnage des mesures radar, avec les observations des pluviomètres, a permis de reconstituer l'intensité réelle de l'événement. Par conséquent, la disponibilité de toutes les mesures en temps réel peut augmenter la capacité à observer les précipitations.

La possibilité d'un financement supplémentaire de ces activités pourrait améliorer le produit à la fois d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Les développements futurs devraient concerner d'une part l'interétalonnage entre les différents systèmes radar utilisés, et l'optimisation des procédures de traitement et de filtrage des données visant à supprimer les perturbations, et d'autre part l'étalonnage en temps réel par le partage d'observations auxiliaires. (pluviomètres, satellites, etc. ..) des régions concernées.

3.2. Expériences préparatoires d'assimilation pour une chaîne opérationnelle d'assimilation de données radar, mesures de surface, mesures par satellite et ZPD-GNSS

Au cours du projet PROTERINA 3E, des études ont été menées pour mettre en place une chaîne opérationnelle d'assimilation des données radar dans les chaînes de modélisation numérique prévisionnelle. En particulier, l'analyse réalisée par le Consortium LAMMA s'est focalisée sur l'assimilation en mode 3DVAR (Three Dimensional Variational), en se concentrant sur une architecture RUC (Rapid Update Cycle).

Les tests préparatoires à l'opération ont également été menés en synergie avec les activités du projet PROFUMO (dont LAMMA est partenaire), ce qui a permis d'utiliser le financement

d'un cluster de calcul pour la mise en place de chaînes de modélisation pré-opérationnelles et opérationnelles. Dans le cadre de ce projet, le LAMMA a pour mission de mettre en œuvre des chaînes de modélisation de prévision sur la Méditerranée, capables d'assimiler les mesures des radars météorologiques, des stations météorologiques, des capteurs GNSS-météo sur terre et en mer et satellites météorologiques.

Les tests effectués ont vu une mise en place de courses du modèle démarrée à des heures synoptiques (0,3,6,9,12,15,18,21). Chaque trajet commence à utiliser les dernières données du modèle météorologique mondial GFS (Global Forecasting System) disponibles. Effectuer des assimilations toutes les 3 heures jusqu'à ce qu'il y ait des données à assimiler puis une prévision finale de 12 heures. Les données assimilées sont celles provenant des stations au sol, des RAOB (sondages radio) et des navires ainsi que des RADAR météorologiques disponibles

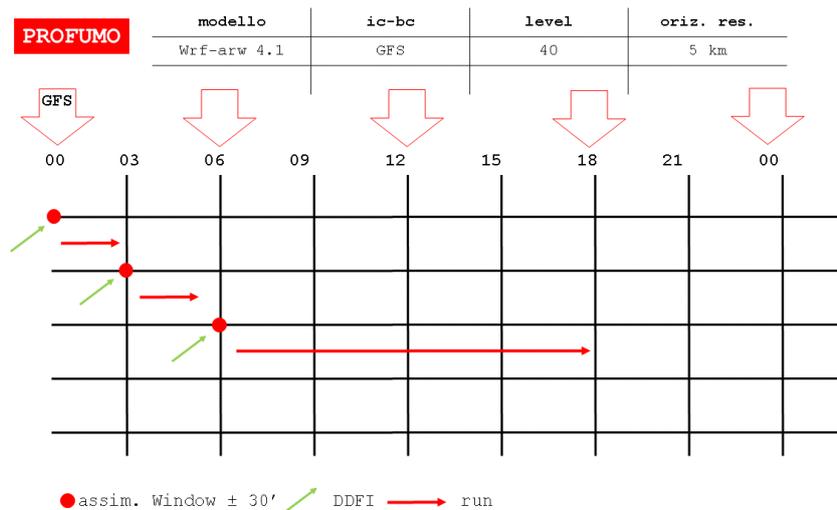
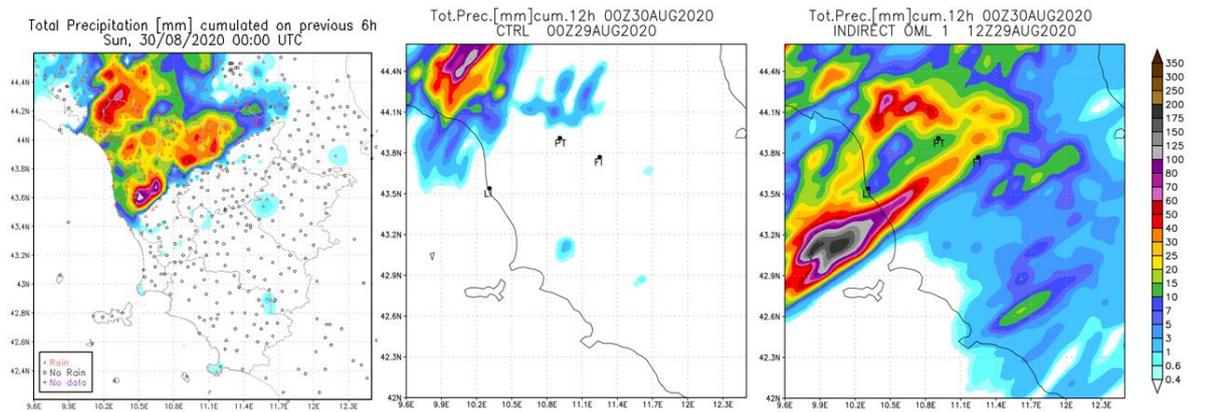


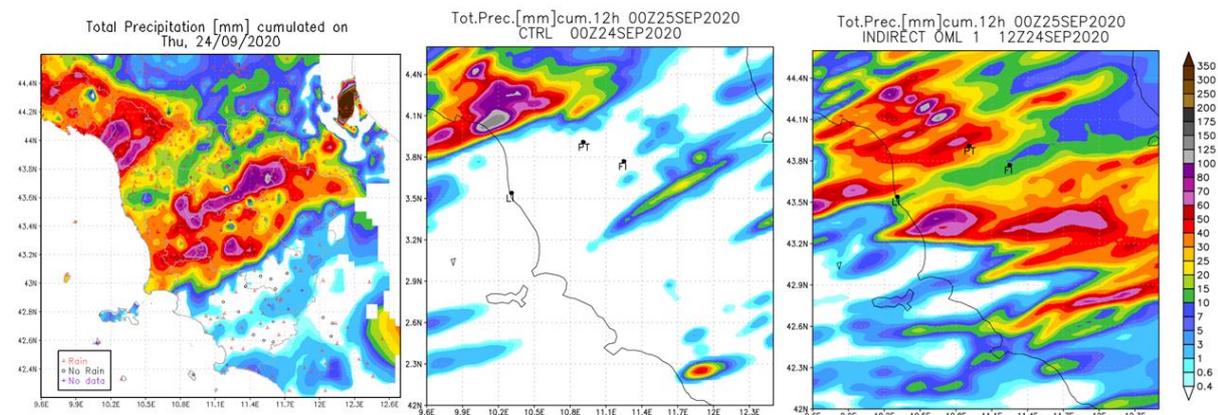
Figura 3. Exemple d'une exécution commençant à 6UTC initialisée avec GFS 00UTC. L'exécution de l'exemple effectuée 3 assimilations à 0, 3 et 6UTC et se termine par une prévision sur 12 heures jusqu'à 18UTC.

Les résultats de ce schème d'assimilation lors des tests réalisés ont montré une influence importante des variables du modèle afin d'améliorer la localisation et l'estimation de la quantité de précipitations. Ci-dessous, nous montrons deux études de cas d'événements récents dans lesquels les effets de l'assimilation sont tout à fait évidents. Les images montrent comme référence les mesures pluviométriques des réseaux de stations sol spatialisées (image de gauche), une carte des précipitations prédites de la course de contrôle

du modèle, c'est-à-dire celle sans assimilation des données (image au centre) et une carte des précipitations attendue du modèle exécuté après l'assimilation des données (image de droite).



a)



b)

Figura 4. Comparaison des prévisions de précipitations cumulées sur 12 heures pour: a) 29 août 2020, b) 24 septembre 2020. La comparaison est faite entre la carte des précipitations obtenue à partir des pluviomètres (à gauche), un essai témoin sans assimilation (au centre) et une course après l'assimilation

Actuellement, le LaMMA produit chaque jour différentes exécutions initialisées avec le modèle global américain (GFS) et avec le modèle européen (ECMWF). L'ajout d'exécutions supplémentaires, et donc de produits supplémentaires à examiner, est certainement onéreux du point de vue des coûts de mise en œuvre et de gestion et du point de vue de l'espace et du temps de calcul. D'autre part, l'assimilation, bien qu'en 3DVar, a généralement montré des effets positifs sur la prévision elle-même mais soulève en même

temps plusieurs problèmes liés à la qualité des données assimilées, à la sensibilité de la sortie par rapport aux paramètres choisis.

Sur cette base, s'il est très important d'activer une chaîne opérationnelle d'assimilation dans les chaînes de modélisation météorologique, cela n'est pas immédiatement réalisable sans une utilisation dédiée des ressources (humaines et informatiques); il serait souhaitable d'avoir la possibilité d'accéder à des financements supplémentaires pour mener à bien ces activités, ce qui est d'une grande importance pour tous les territoires de l'espace maritime.

4. Bibliographie

1. F. Cuccoli, L. Facheris, A. Antonini, S. Melani and L. Baldini, "Weather Radar and Rain-Gauge Data Fusion for Quantitative Precipitation Estimation: Two Case Studies," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 58, no. 9, pp. 6639-6649, Sept. 2020, doi: 10.1109/TGRS.2020.2978439.